TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK – PELAT LANTAI

MUHAMMAD RICHZAD PRIMA SATRYADHIIM

NRP 101 114 100000 02

Dosen Pembimbing

Ir. Srie Subekti., MT.

NIP 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018

TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK – PELAT LANTAI

MUHAMMAD RICHZAD PRIMA SATRYADHIIM

NRP 101 114 100000 02

Dosen Pembimbing

Ir. Srie Subekti., MT.

NIP 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018

FINAL PROJECT APPLIED – RC146599

STRUCTURE MODIFICATION OF MEDICAL BUILDING IN SITI KHADIJAH HOSPITAL AT TAMAN SEPANJANG USING SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM AND CONSTRUCTION METHOD OF BEAMS AND SLAB

MUHAMMAD RICHZAD PRIMA SATRYADHIIM

NRP 101 114 100000 02

Supervisor

Ir. Srie Subekti., MT.

NIP 19560520 198903 2 001

DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING

CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT

FACULTY OF VOCATION

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK – PELAT LANTAI

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

Surabaya, 31 Juli 2018

Disusun Oleh :

MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.

NRP. 10111 14 100000 02

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sric Subekti., MT.

NIP. 19560520 198903 2 001

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

02 AUG 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

	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	**Modifikasi Struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadjah Taman Sepanjang Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Pelat Lantai**		
Nama Mahasiswa	**M. Richzad Prima S.**	NRP	**10111410000002**
Dosen Pembimbing 1	Ir. Srie Subekti., MT. NIP 19560520 198903 2 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
R. Elevasi pd gb. ruang l'aud. mungkinkan penambahan lift di rusunawa cek perhitungan lift. 1m/sec dg 0.05 Grad 44 gb tampak diperbaiki	Ir. Sungkono,CES NIP 19591130 198601 1 001
	Ir. Srie Subekti., MT. NIP 19560520 198903 2 001
Rumus² dibuat lab. dan 2x rumus, bahasan gb. 15 gb. 49., Keterangan pd tabel metode Cross gb. dinah., gb 22 gb pelat., Cara penggambaran tulangan, Kesimpulan dan saran.	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	Ir. Srie Subekti., MT.	Dr. Ir. Dicky Imam W, MS	-
NIP 19591130 198601 1 001	NIP 19560520 198903 2 001	NIP 19590209 198603 1 002	NIP -

	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Ir. Srie Subekti., MT. NIP 19560520 198903 2 001	- NIP -

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

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 M. Richard Prima S. 2
NRP : 1 101 114 100000 02 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Medik Rumah Siti Khadijah Taman Sepanjang dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok - Pelat Lantai
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	9/03 2018	- Menggunakan basement				
		- ~~Tan~~ Atap tetap pelat				
		- Penulisan balok dan sloof		B	C	K
		dipisah		☐	☐	☐
		- Kolom menggunakan cara kekakuan				
		- Pelat tulis tiap tipe				
				B	C	K
2	19/04 2018	- Tambah kolom tepi		☐	☐	☐
		- Kontrol letak plat atap				
		- Gambar perhitungan tangga				
		- Bulatkan lebar efektif tangga		B	C	K
				☐	☐	☐
3	18/05 2018	- Tambahkan kolom induk untuk				
		memperkecil bentang → 4 m				
		- Perjelas equation		B	C	K
		- Revisi balok lift		☐	☐	☐
		- Revisi tabel 5.2				
4	30/05 2018	- Revisi pembalokan		B	C	K
		- Revisi beban dinding → 200 kg/m		☐	☐	☐
		- Balok Induk 50/80, anak 35/50				

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 M. Richzad Prima S. 2
NRP : 1 101 114 100000 02 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Pelat Lantai
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	23/07 18	- Revisi dan pengecekan semua gambar				
				B	C	K
6	26/07 18	- Revisi dan pengecekan hasil revisi		☐	☐	☐
		- Perbaikan gambar kurang proporsional				
				B	C	K
				☐	☐	☐
7	27/07 18	- Perbaiki gambar penulangan pelat				
		- Samakan jarak tulangan pelat		B	C	K
				☐	☐	☐
8	31/07 18	- Perbaiki gambar tangga				
		- Perbaiki denah pelat		B	C	K
		- Perbaiki kesimpulan dan saran		☐	☐	☐
				B	C	K
				☐	☐	☐

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

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK – PELAT LANTAI

Nama Mahasiswa	**: M. Richzad Prima S.**
NRP	**: 101 114 100000 02**
Jurusan	**: Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS**
Dosen Pembimbng	**: Ir. Srie Subekti., MT.**
NIP	**: 19560520 198903 2 001**

ABSTRAK

Bangunan Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah terletak di Jl. Pahlawan No.260, Bebekan, Taman – Sepanjang. Bangunan tersebut terdiri atas 6 lantai dan 1 lantai basement. Setelah dilakukan percobaan beberapa kali, permodelan dengan sistem rangka pemikul momen khusus saja dapat memenuhi persyaratan kontrol gaya geser gempa, kontrol periode fundamental struktur dan kontrol simpangan antar struktur. Oleh karena itu, desain struktur yang dilakukan adalah dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi dengan perubahan jumlah lantai dari keadaan eksisting yaitu 6 lantai dan 1 lantai basement menjadi 8 lantai dan 1 lantai basement dengan penambahan 2 lantai. Perhitungan dan gempa mengacu pada

peraturan yang berlaku. Proses dalam perhitungan struktur meliputi analisa pembebanan, permodelan struktur, analisa gaya dalam, perhitungan penulangan, serta cek persyaratan elemen struktur. Untuk analisa gempa dalam perancangan ini digunakan desain respon spektrum. Tujuan dari tugas akhir terapan ini adalah mampu merencanakan struktur gedung beton bertulang dengan metode sistem rangka pemikul momen khusus berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013.

Dari hasil perhitungan, dimensi struktur atas terdiri dari pelat lantai dengan tebal 12 cm, dimensi balok induk 50 cm x 70 cm, dimensi balok anak 35 cm x 50 cm, dimensi kolom utama 85 cm x 85 cm, dimensi kolom tepi 70 cm x 70 cm.

Kata kunci: Beton Bertulang, Modifikasi, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

STRUCTURE MODIFICATION OF MEDICAL BUILDING IN SITI KHADIJAH HOSPITAL AT TAMAN SEPANJANG USING SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM AND CONSTRUCTION METHOD OF BEAMS AND SLAB

Name	**: M. Richzad Prima S.**
NRP	**: 101 114 100000 02**
Department	**: Diploma IV Department of Civil Infrastructure – Faculty of Vocation**
Supervisor	**: Ir. Srie Subekti., MT.**
NIP	**: 19560520 198903 2 001**

ABSTRACT

Medical Building in Siti Khadijah Hospital is located on Sepanjang Street Number 260, Bebekan, Taman - Sepanjang. The building consists of 6 floors and 1 basement floor. After several experiments, modeling with a special moment resisting frame system can sufficient the requirements of earthquake shear control measures, control the fundamental periods of the structures and the control of inter-structural deviations. Therefore, the design of the structure is done by using a special moment resisisting frame system.

In this final project will be modified by changing the number of floors from the existing state of the 6 floors and 1 basement floor to 8 floors and 1 basement floor with the addition of 2 floors. Calculations and earthquakes refer to the applicable regulations. Processes in the calculation of structures include load analysis, structural modeling, inner force analysis, reinforcement

calculations, and checks of structural elements requirements. For the seismic analysis in this design is used spectrum response design. The objective of this final project applied is to be able to plan the structure of reinforced concrete buildings with special moment resisting frame method based on SNI 1726: 2012, SNI 1727: 2013, and SNI 2847: 2013.

By the calculation, the upper structure dimension consists of platform by 12 cm thick, the dimension of the main beam is 50 cm x 70 cm, the dimension of the beam is 35 cm x 50 cm, the dimension of main column is 85 cm x 85 cm and the dimension of column is 70 cm x 70 cm.

Keywords: Reinforced Concrete, Modification, Special Momen Resisting Frame System.

KATA PENGANTAR

Penulis ucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penyusunan Tugas Akhir Terapan dengan judul "**Modifikasi Struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok – Pelat Lantai**" dapat terselesaikan.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak yang telah memberikan masukan serta bimbingan kepada penulis. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, saudara-saudara, dan teman terdekat sebagai penyemangat terbesar yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun material terutama melalui doa dan semangatnya.
2. Ibu Ir. Srie Subekti., MT. selaku dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir Terapan yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan.
3. Bapak Dr. Machsus, ST, MT, selaku koordinator Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
4. Para dosen penguji yang telah memberikan masukan.

Penulis sadari dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna, maka penulis ucapkan mohon maaf bila masih terdapat kekurangan.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Surabaya, … Juli 2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

ABSTRAK i

ABSTRACT iii

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xix

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan 3

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Manfaat 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Umum 5

2.2. Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) 5

BAB III METODOLOGI 13

3.1. Pengumpulan Data 14

3.1.1. Data umum proyek 14

3.1.2. Data tanah 16

3.1.3. Data gambar 16

3.2. Preliminary Design 16

3.2.1. Preliminary desain balok 16
3.2.2. Preliminary desain kolom 17
3.2.3. Preliminary desain pelat 18
3.2.4. Preliminary desain sloof 20
3.2.5. Preliminary desain tangga 21
3.3. Analisa Pembebanan 22
3.3.1. Beban mati 22
3.3.2. Beban hidup 22
3.3.3. Beban angin 22
3.3.4. Beban gempa 22
3.3.5. Kombinasi pembebanan 28
3.4. Pemodelan Struktur 29
3.5. Analisa Hasil 29
3.5.1. Kontrol periode fundamental 30
3.5.2. Kontrol gaya geser dasar gempa 31
3.5.3. Kontrol simpangan antar struktur 31
3.6. Perhitungan Struktur Sekunder dan Primer . 32
3.6.1. Pelat 32
3.6.2. Tangga 33
3.6.3. Balok induk 33
3.6.4. Kolom 36
3.7. Perhitungan Hubungan Balok Kolom 40
3.8. Penggambaran Teknik 43

3.9. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok - Pelat Lantai 44

BAB IV PRELIMINARY DESIGN 47

4.1. Data Preliminary Desain 47

4.2. Preliminary Desain Balok 47

4.2.1. Balok induk 48

4.2.2. Balok anak 49

4.3. Preliminary Desain Kolom 51

4.4. Preliminary Desain Pelat 53

4.5. Preliminary Desain Sloof 66

4.5.1. Sloof induk 67

4.5.2. Sloof anak 68

4.6. Preliminary Desain Tangga 70

BAB V ANALISA PEMBEBANAN 73

5.1. Beban Gravitasi 73

5.1.1. Beban mati (D) 73

5.1.2. Beban hidup (LL) 77

5.2. Beban Angin 78

5.3. Beban Gempa 89

5.4. Beban Hidup Tanah (H) 102

5.5. Kombinasi Pembebanan 105

BAB VI ANALISA PERMODELAN 107

6.1. Permodelan Struktur 107

6.2. Peninjauan terhadap Pengaruh Gempa 108

6.3. Analisis Modal dan Ragam Analisis 108

6.4. Faktor Skala Gaya Gempa dengan Respon Spektrum *SAP 2000* 109

6.5. Kontrol Periode Fundamental 110

6.6. Kontrol Gaya Geser Gempa Dasar Dinamis Struktur 112

6.7. Kontrol Simpangan Antar Lantai..... 115

BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER 121

7.1. Perhitungan Struktur Pelat Lantai..... 121

7.1.1. Data perencanaan pada pelat lantai..... 121

7.1.2. Beban pada pelat 122

7.1.3. Perhitungan momen-momen pelat lantai..... 123

7.1.4. Perhitungan tulangan pelat lantai 124

7.2. Perhitungan Struktur Pelat dan Dinding *Basement* 138

7.2.1. Perhitungan struktur pelat *basement* 139

7.2.2. Perhitungan struktur dinding *basement* 162

7.3. Perhitungan Struktur Tangga..... 174

7.3.1. Data perencanaan 174

7.3.2. Pembebanan struktur pelat tangga dan pelat bordes..... 176

7.3.3. Analisis struktur pelat tangga dan pelat bordes..... 178

7.3.4. Analisa penulangan pelat tangga..... 184

7.3.5. Analisa penulangan pelat bordes 189

7.4. Desain Balok Bordes 193

7.4.1. Data perencanaan 193

7.4.2. Pembebanan balok bordes 195

7.4.3. Perhitungan penulangan lentur 196

7.4.4. Perhitungan penulangan geser 209

7.4.5. Kontrol retak pada balok bordes 213

7.5. Desain Balok Anak 215

7.5.1. Data perencanaan tulangan balok 215

7.5.2.* Hasil output dan diagram gaya dalam dari *SAP 2000 217

7.5.3. Syarat komponen struktur lentur 219

7.5.4. Perhitungan penulangan lentur 220

7.5.5. Perhitungan penulangan geser 228

7.5.6. Perhitungan penulangan puntir 233

7.5.7. Perhitungan panjang penyaluran tulangan .. 242

7.5.8. Kontrol retak pada balok anak 245

7.6. Desain Balok Lift 247

7.6.1. Data-data perencanaan tulangan balok 247

7.6.2. Hasil output dan diagram gaya dalam dari *SAP 2000* 248

7.6.3. Syarat komponen struktur lentur 250

7.6.4. Perhitungan penulangan lentur 251

7.6.5. Perhitungan penulangan geser 259

7.6.6. Perhitungan penulangan puntir 264

7.6.7. Perhitungan panjang penyaluran tulangan .. 273

7.6.8. Kontrol retak pada balok lift 276

BAB VIII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER 279

8.1. Umum 279

8.2. Desain Balok Induk 279

8.2.1. Data-data perencanaan tulangan balok 279

8.2.2. Hasil output dan diagram gaya dalam *SAP 2000* 280

8.2.3. Syarat komponen struktur lentur 283

8.2.4. Perhitungan penulangan lentur 284

8.2.5. Perhitungan penulangan geser 308

8.2.6. Perhitungan penulangan puntir 322

8.2.7. *Cut-off points* 330

8.2.8. Kontrol retak pada balok induk 335

8.3. Desain Kolom 336

8.3.1. Data perencanaan kolom 337

8.3.2. Hasil output dan diagram gaya dalam dari *SAP 2000* 338

8.3.3. Cek persyaratan struktur kolom 339

8.3.4. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal penahan lentur 340

8.3.5. Cek syarat *"Strong Column Weak Beam"* 341

8.3.6. Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement* 347

8.3.7. Perhitungan kebutuhan tulangan geser 351

8.3.8. Sambungan lewatan 356

8.4. Desain Hubungan Balok-Kolom SRPMK 357

8.4.1. Cek syarat joint 357

8.4.2. Perhitungan luas efektif HBK 358

8.4.3. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal untuk *confinement* 358

8.4.4. Perhitungan gaya geser HBK 360

8.4.5. Kontrol kuat geser HBK 362

BAB IX DESAIN STRUKTUR PONDASI 365

9.1. Umum 365

9.2. Perhitungan pondasi 365

9.2.1. Perhitungan daya dukung tanah 365

9.2.2. Perhitungan pondasi tipe 1 367

9.2.3. Perhitungan pondasi tipe 2 380

BAB X METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN PELAT LANTAI 397

10.1. Umum 397

10.2. Pekerjaan Persiapan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai 397

10.3. Pekerjaan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai 398

10.4. Pekerjaan Pengecoran Balok dan Pelat Lantai 403

10.5. Pekerjaan Pembongkaran Bekisting 404

10.6. Pekerjaan Perawatan *(Curing)* 404

10.7. Pemilihan Alat Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai 404

BAB XI PENUTUP 407

11.1. Kesimpulan 407

11.2. Saran 411

DAFTAR PUSTAKA 413

LAMPIRAN 415

BIODATA PENULIS 419

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva desain respons spektrum 11
Gambar 3. 1 Diagram Alir 14
Gambar 3. 2 Denah Eksisting 15
Gambar 3. 3 Denah Rencana 16
Gambar 3. 4 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (S_S) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun 24
Gambar 3. 5 Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S_1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun 24
Gambar 3. 6 Spektrum Respon Desain 27
Gambar 3. 7 Luas penampang efektif hubungan balok kolom 42
Gambar 4. 1 Denah Balok dan Kolom Lantai 2-8 48
Gambar 4. 2 Detail Balok yang ditinjau 48
Gambar 4. 3 Denah Pelat Lantai 2-8 54
Gambar 4. 4 Detail Pelat yang ditinjau 54
Gambar 4. 5 Denah Sloof Lantai Basement 67
Gambar 4. 6 Detail Sloof yang ditinjau 67
Gambar 5. 1 Elevator Hyundai 75
Gambar 5. 2 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift 76
Gambar 5. 3 Beban Angin pada Bangunan 81
Gambar 5. 4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respons Spektrum Desain 99
Gambar 5. 5 Grafik Respons Spektrum 102
Gambar 5. 6 Ilustrasi Perhitungan Beban Tanah 103
Gambar 5. 7 Tekanan Tanah Aktif 104
Gambar 6. 1 Permodelan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada SAP 2000 107
Gambar 6. 2 Form Input untuk Analisa Modal SAP 2000 108

Gambar 6. 3 Faktor Skala Gaya Gempa 109
Gambar 6. 4 Modal Load Participation Ratio 111
Gambar 6. 5 Perioda dari Program SAP 2000 112
Gambar 6. 6 Hasil SAP Beban Mati, Beban Mati Tambahan, dan Beban Hidup 114
Gambar 6. 7 Base Reaction dari Program SAP 2000..... 114
Gambar 7. 1 Detail Pelat Lantai 122
Gambar 7. 2 Permodelan Tekanan Tanah Aktif pada Dinding Basement..... 138
Gambar 7. 3 Detail Pelat Lantai Basement..... 140
Gambar 7. 4 Denah Tangga..... 175
Gambar 7. 5 Detail Tangga 175
Gambar 7. 6 Detail Tangga Metode Cross 178
Gambar 7. 7 Free Body Diagram Tangga Metode Cross..... 183
Gambar 7. 8 Detail Penulangan Balok Bordes 215
Gambar 7. 9 Balok Anak yang ditinjau 217
Gambar 7. 10 Luasan Acp 233
Gambar 7. 11 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standart 244
Gambar 7. 12 Detail Penulangan Balok Anak 246
Gambar 7. 13 Detail Balok Lift yang ditinjau 248
Gambar 7. 14 Luasan Acp 264
Gambar 7. 15 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standart 275
Gambar 7. 16 Detail Penulangan Balok Lift..... 277
Gambar 8. 1 Detail Balok Induk yang ditinjau 280
Gambar 8. 2 Diagram Geser Akibat Kombinasi Envelope pada Balok..... 311
Gambar 8. 3 Luasan Acp..... 322
Gambar 8. 4 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standart 334

Gambar 8. 5 Detail Penulangan Balok Induk 336
Gambar 8. 6 Denah Kolom yang ditinjau 337
Gambar 8. 7 Konfigurasi Tulangan Kolom Lantai 1 340
Gambar 8. 8 Diagram Interaksi Kolom pada Program Bantu pcaColumn 346
Gambar 8. 9 Nilai Mnc pada Kolom 346
Gambar 9. 1 Denah Pondasi 365
Gambar 9. 2 Pondasi Tipe 1 369
Gambar 9. 3 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom 371
Gambar 9. 4 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom 372
Gambar 9. 5 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang 375
Gambar 9. 6 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y 377
Gambar 9. 7 Eksentrisitas Pondasi Gabungan 381
Gambar 9. 8 Eksentrisitas Pondasi Gabungan 382
Gambar 9. 9 Eksentrisitas Pondasi Gabungan 383
Gambar 9. 10 Pondasi Tipe 2 385
Gambar 9. 11 Bidang Kritis Geser Dua Arah 388
Gambar 9. 12 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang 390
Gambar 9. 13 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y 392
Gambar 10. 1 Jack Base dan U-head 398
Gambar 10. 2 Pemasangan Balok Suri pada Bagian Balok 399
Gambar 10. 3 Pemasangan Balok Sikuu pada Bekisting Balok 399
Gambar 10. 4 Pemasangan Balok Suri pada Bagian Pelat 400
Gambar 10. 5 Plywood pada Bagian Pelat 401
Gambar 10. 6 Tulangan Cakar Ayam pada Pelat Lantai 403
Gambar 10. 7 Tower Crane 404
Gambar 10. 8 Concrete Bucket 405
Gambar 10. 9 Concrete Pump 406
Gambar 10. 10 Concrete Vibrator 406

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs 6
Tabel 2. 2 Koefisien Situs, Fa 7
Tabel 2. 3 Koefisien Situs, Fv 7
Tabel 2. 4 Kategori Desain Risiko 8
Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa 9
Tabel 2. 6 Tabel Ct dan x 11
Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung 21
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa. 23
Tabel 3. 3 Klasifikasi Situs 25
Tabel 3. 4 Koefisien Situs, Fa 26
Tabel 3. 5 Koefisien Situs, Fv 26
Tabel 3. 6 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x 30
Tabel 3. 7 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung 31
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Desain Balok 50
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Preliminary Desain Kolom 53
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Preliminary Desain Pelat 62
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Preliminary Desain Sloof 69
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Preliminary Desain Tangga 72
Tabel 5. 1 Spesifikasi Lift Merk Hyundai 74
Tabel 5. 2 Perhitungan Nilai Cp untuk Tiap Permukaan Dinding 81
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Angin 83
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Tekanan Angin 85
Tabel 5. 5 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa 90
Tabel 5. 6 Faktor Keutamaan Gempa 91
Tabel 5. 7 Analisa Hasil Data Borlog 92

Tabel 5. 8 Klasifikasi Situs 93
Tabel 5. 9 Koefisien Situs Fa 94
Tabel 5. 10 Koefisien Situs Fv 94
Tabel 5. 11 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek 96
Tabel 5. 12 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik 96
Tabel 5. 13 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa 97
Tabel 5. 14 Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan 98
Tabel 5. 15 Tabel Respons Spektrum 101
Tabel 6. 1 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x 110
Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung 111
Tabel 6. 3 Simpangan Antar Lantai Ijin, δa 116
Tabel 6. 4 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X 116
Tabel 6. 5 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y 118
Tabel 7. 1 Tabel Hasil Momen dengan Tabel Koefisien Momen dan dari Hasil SAP 2000 124
Tabel 7. 2 Tabel Hasil Momen dengan Tabel Koefisien Momen 142
Tabel 7. 3 Tabel Metode Cross Tangga 180
Tabel 7. 4 Rekapitulasi Momen pada Tangga 184
Tabel 7. 5 Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Bordes 208
Tabel 7. 6 Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Balok Anak 228
Tabel 7. 7 Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Balok Lift 259
Tabel 8. 1 Momen Envelope pada Balok Akibat Beban Gravitasi dan Beban Gempa 282
Tabel 8. 2 Konfigurasi Penulangan Balok Induk 307

Tabel 9. 1 Tabel daya dukung ijin tekan tiang berdasarkan data SPT 366
Tabel 9. 2 Tabel daya dukung ijin tarik tiang berdasarkan data SPT 367
Tabel 9. 3 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat 370
Tabel 9. 4 Tebal Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap 385
Tabel 9. 5 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X 386
Tabel 9. 6 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y 387

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai mahasiswa semester akhir pada Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, mata kuliah tugas akhir terapan adalah mata kuliah wajib yang harus diselesaikan oleh mahasiswa semester akhir agar dapat lulus tahap diploma IV. Mata kuliah ini berisi tentang tugas yang harus diselesaikan dalam satu semester sebelum pelaksanaan sidang Tugas Akhir Terapan. Untuk memenuhi standar kompetensi sebagai Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, maka salah satu kemampuan yang harus dimiliki mahasiswa adalah perancangan struktur bangunan bertingkat. Agar standar kompetensi tersebut dapat tercapai, penulis mengambil bidang perancangan struktur gedung bertingkat dengan struktur beton bertulang sebagai topik Tugas Akhir Terapan.

Perancangan struktur merupakan unsur yang penting pada pembangunan suatu gedung agar kuat, aman, stabil, dan awet terlebih pada saat terjadi gempa tinggi pada struktur tersebut. Oleh karena itu, suatu bangunan harus dirancang secara khusus berkaitan dengan keadaan gempa yang terjadi di Indonesia saat ini. Dalam perancangan struktur beton bangunan bertingkat dengan berbagai resiko kegempaan yang akan terjadi disetiap lokasi dan fungsi bangunan yang akan dirancang, maka terdapat beberapa metode yang dapat diterapakan dalam perancangan struktur bangunan agar dapat menahan beban gempa tinggi, salah satu metodenya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen.

Sistem rangka pemikul momen terbagi dalam kategori desain seismik yang didasarkan pada lokasi perencanaan. Pada lokasi yang terjadi di wilayah resiko rawan kegempaan tinggi dengan kategori desain seismik D, E dan F direncanakan

menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Namun untuk lokasi yang terjadi di wilayah resiko kegempaan sedang dengan kategori desain seismik C direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dan pada lokasi yang terjadi di wilayah resiko kegempaan rendah dengan kategori desain seismik A dan B direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) (Iswandi, 2014).

Pada Tugas Akhir Terapan ini penulis akan mendesain struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang. Bangunan ini berada pada wilayah Kategori Desain Seismik D. Desain struktur yang dilakukan adalah modifikasi dengan perubahan jumlah lantai dari keadaan eksisting yaitu 6 lantai dan 1 lantai basement menjadi 8 lantai dan 1 lantai basement dengan penambahan 2 lantai. Struktur bangunan ini didesain dengan menggunakan material beton bertulang dan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Pedoman perhitungan perencanaan gedung tahan gempa di Indonesia adalah SNI 2847:2013 “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung”, SNI 1727:2013 “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”, dan SNI 1726:2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam Modifikasi Struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang adalah :

1. Bagaimana merencanakan sistem struktur untuk Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang agar mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja dengan metode SRPMK ?

2. Bagaimana merencanakan detailing penulangan pada elemen struktur dan joint balok-kolom sesuai dengan sistem struktur yang digunakan ?
3. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan kedalam gambar teknik ?
4. Bagaimana metode pelaksanaan untuk pekerjaan Balok – Pelat lantai ?

1.3. Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir Terapan ini adalah :

1. Mampu merencanakan sistem struktur untuk Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang agar mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja dengan metode SRPMK.
2. Mampu merencanakan detailing penulangan pada elemen struktur dan joint balok-kolom sesuai dengan sistem struktur yang digunakan.
3. Mampu menuangkan hasil perhitungan kedalam gambar teknik.
4. Mengetahui metode pelaksanaan untuk pekerjaan Balok – Pelat lantai.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir Terapan Modifikasi Struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang ini adalah :

1. Tidak membandingkan kecepatan waktu pelaksanaan proyek konstruksi gedung.
2. Tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi.
3. Dalam gedung utama atap dengan plat beton.
4. Tidak memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan pembangunan saluran air bersih dan kotor, instalasi/ jaringan listrik, finishing, dan sebagainya.
5. Metode pelaksanaan yang dibahas hanya pada pekerjaan balok – pelat lantai.

1.5. Manfaat

Diharapkan dengan berakhirnya Tugas Akhir Terapan ini dapat memberikan manfaat dalam bidang Teknik Sipil, yaitu:

1. Dapat memberikan contoh penggunaan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dalam perencanaan suatu gedung bertingkat.
2. Dapat memahami disiplin ilmu dan menambah wawasan secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa yang mengacu pada SNI 2847:2013, SNI 1726:2012, dan SNI 1727:2013.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Di dalam tinjauan pustaka berikut ini akan dijelaskan mengenai teori yang digunakan dalam perencanaan struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

Peraturan terkait yang digunakan dalam perhitungan struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang adalah:

1. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung
3. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

2.2. Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). SRPMK akan menggunakan konsep *Strong Column and Weak Beam* (Kolom kuat dan balok lemah). Di dalam SRPM ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk kategori Desain Seismik A dan B, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk kategori Desain Seismik C, dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk kategori Desain Seismik D atau E

1. Menentukan Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3 SNI 1726:2012 berdasarkan data SPT dan didapatkan klasifikasi situs berupa SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras), SD (Tanah Sedang), SE (tanah lunak), dan SF (tanah khusus). Berdasarkan data tanah yang didapat termasuk dalam tanah lunak (SE).

Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15sampai 50	50 sampai100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karateristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40$ %, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7{,}5$ m dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 3)

Setelah mengetahui klasifikasi situs, maka perlu untuk menentukan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertaget S_{MS} dan S_{M1}.

$$S_{MS} = Fa \cdot S_S \quad (2\text{-}1)$$

$$S_{M1} = Fv \cdot S_1 \quad (2\text{-}2)$$

Dimana Fa dan Fv adalah koefisien situs yang ditentukan berdasarkan tabel 4 dan 5 SNI 1726:2012, sedangkan Ss dan S_1 adalah parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek dan perioda 1,0 detik yang didapatkan dari Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010. Ss dan S_1 dalam peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010 disesuaikan dengan perencanaan gempa 500 tahun, 1000 tahun, dan 2500 tahun.

Tabel 2. 2 Koefisien Situs, Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S_s				
	$S_s \leq 0{,}25$	$S_s = 0{,}5$	$S_s = 0{,}75$	$S_s = 1{,}0$	$S_s \geq 1{,}25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS[b]				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 4)

Tabel 2. 3 Koefisien Situs, Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0{,}1$	$S_1 = 0{,}2$	$S_1 = 0{,}3$	$S_1 = 0{,}4$	$S_1 \geq 0{,}5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS[b]				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik,lihat 6.10.1

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 5)

2. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung Tabel 1 SNI 1726:2012 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan *Ie* pada tabel 2 SNI 1726:2012. Desain struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang sesuai fungsinya sebagai Rumah Sakit termasuk dalam kategori resiko IV dan faktor keutamaan Ie sebesar 1,5.

Tabel 2. 4 Kategori Desain Risiko

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: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, 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: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 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.	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - 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 Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 1)

Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 2)

3. Respon Spektrum Desain

Bila respon spektrum desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva respon spektrum desain harus dikembangkan dengan mengacu gambar 2.1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

a. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0, spektrum respons percepatan desain, S_a, harus diambil dari persamaan (2.3):

$$S_a = S_{DS} \cdot (0{,}4 + 0{,}6 \cdot \frac{T}{T_0}) \qquad (2\text{-}3)$$

b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s, spektrum respons percepatan desain, $S_a = S_{DS}$
c. Untuk perioda lebih besar dari Ts, spektrum respons percepatan desain, S_a, diambil berdasarkan persamaan (2.4):

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \qquad (2\text{-}4)$$

Dimana,

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

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0{,}2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad (2\text{-}5)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad (2\text{-}6)$$

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik harus ditentukan dari persamaan (2.7):

$$T_a = C_t \cdot {h_n}^x \qquad (2\text{-}7)$$

Dimana :

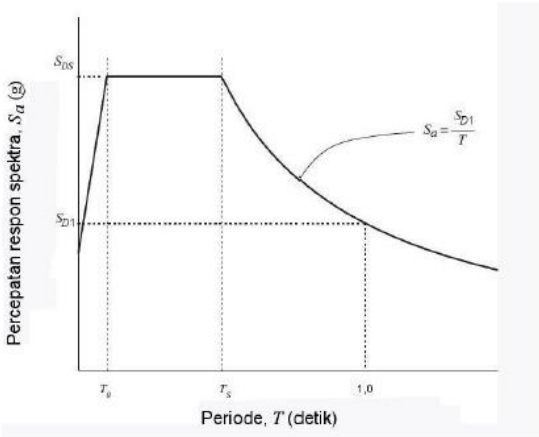
h_n = ketinggian struktur

C_t dan x ditentukan dari Tabel 15 SNI 1726:2012

Tabel 2. 6 Tabel Ct dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 [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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 15)



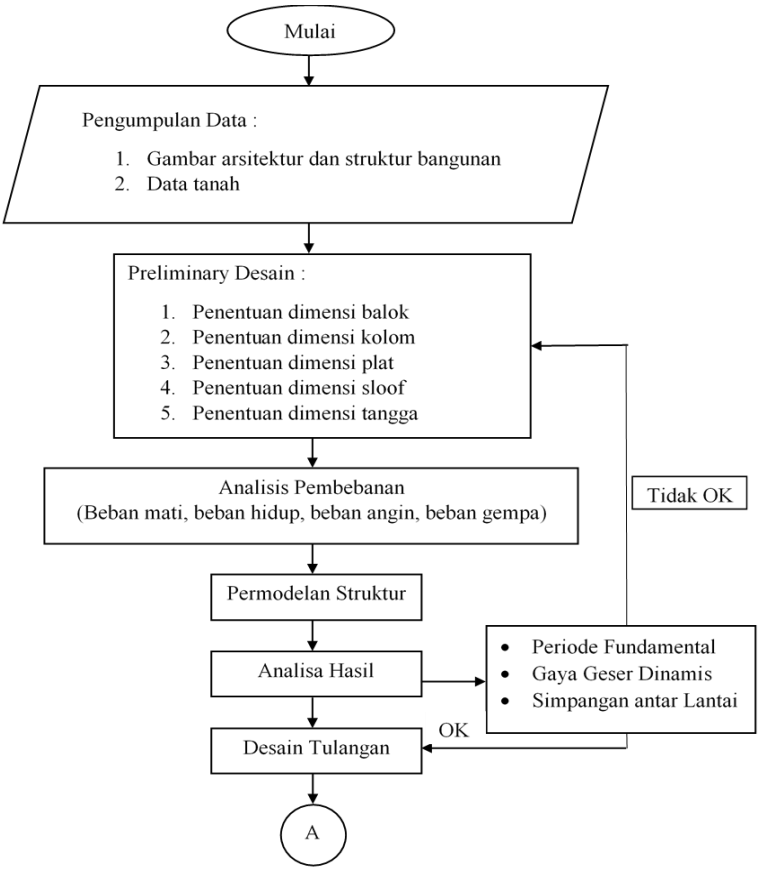
Gambar 2. 1 Kurva desain respons spektrum

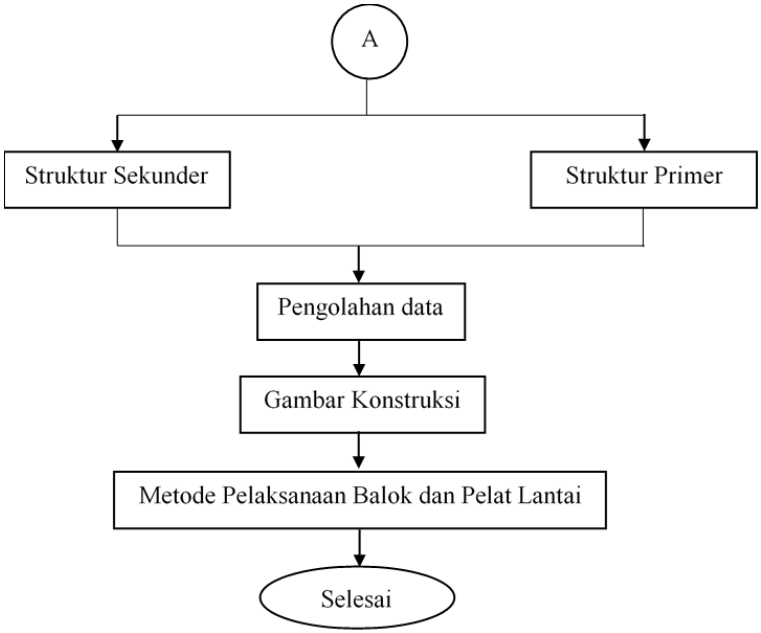
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III

METODOLOGI

Metodologi dalam Modifikasi Struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus adalah mengikuti bagan alir sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir

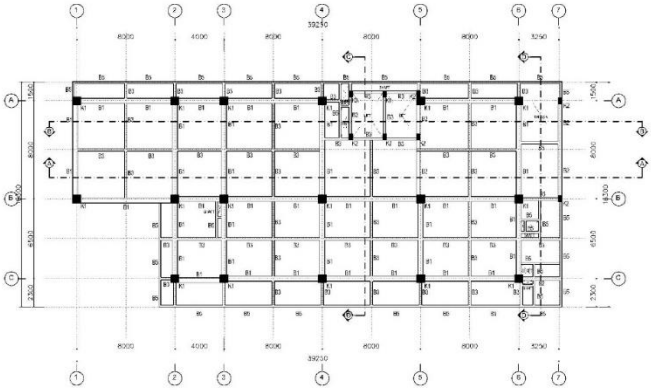
3.1. Pengumpulan Data

Data perencanaan meliputi :

3.1.1. Data umum proyek

Berikut ini data-data umum gedung :

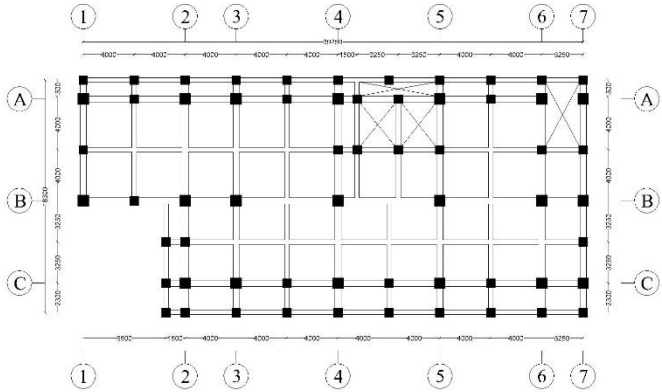
- Fungsi bangunan : Rumah sakit
- Luas bangunan : 661,075 m^2
- Jumlah lantai : 6 Lantai dan 1 Lantai Basement
- Lokasi bangunan : Taman – Sepanjang
- Tinggi gedung : 31,7 meter
- Material struktur : Beton bertulang



Gambar 3. 2 Denah Eksisting

Adapun Tugas Akhir Terapan ini akan dimodifikasi perencanaannya sebagai berikut :

- Fungsi bangunan : Rumah sakit
- Luas bangunan : 661,075 m^2
- Jumlah lantai : 8 Lantai + 1 Lantai basement
- Lokasi bangunan : Taman – Sepanjang
- Tinggi gedung : 40,15 meter
- Material struktur : Beton bertulang
- Sistem struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus



Gambar 3. 3 Denah Rencana

3.1.2. Data tanah

Data tanah didapatkan dari penyelidikan tanah yang didapatkan dari Laboratorium Uji Tanah ITS. Data tanah berupa data SPT yang akan dipakai dalam penentuan klasifikasi kelas situs dan kategori desain seismik.

3.1.3. Data gambar

Data gambar meliputi gambar denah, gambar potongan, dan gambar detail yang digunakan untuk memperjelas dimensi komponen struktur yang berasal dari proyek.

3.2. Preliminary Design

Preliminary design merupakan perencanaan awal untuk menentukan dimensi awal dari suatu komponen struktur yang mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013. Beberapa komponen struktur tersebut antara lain:

3.2.1. Preliminary desain balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.1 dalam menentukan dimensi awal balok anak dan balok induk dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Menentukan data desain yang meliputi panjang balok dan data properti material
2. Rencanakan lebar balok (b_w) adalah $= {}^{2}/_{3} \cdot h$

   SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.3 mengatur tentang lebar balok (b_w) tidak boleh kurang dari nilai terkecil dari $0{,}3 \cdot h_{min}$ dan 250 mm.

3. Bila fy sama dengan 420 Mpa gunakan persamaan (3.1), bila fy selain 420 Mpa maka digunakan persamaan (3.2)

$$h_{min} = \frac{L}{16} \qquad (3\text{-}1)$$

$$h_{min} = \frac{L}{16}\ (0{,}4 + \frac{fy}{700}) \qquad (3\text{-}2)$$

Keterangan :

h_{min} = tinggi minimum balok (mm)

L = panjang balok (mm)

fy = tegangan leleh baja (Mpa)

3.2.2. Preliminary desain kolom

Preliminary desain kolom mengikuti konsep *strong column weak beam*, dimana tidak boleh terjadi keruntuhan pada kolom sehingga kekauan yang dimiliki kolom harus lebih besar dari nilai kekakuan balok, seperti persamaan berikut :

$$\frac{EI_{Kolom}}{L_{Kolom}} \geq \frac{EI_{Balok}}{L_{Balok}} \qquad (3\text{-}3)$$

Keterangan :

E= modulus elastisitas beton

I = inersia penampang

L = panjang bentang

3.2.3. Preliminary desain pelat

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3 dalam menetukan dimensi awal pelat lantai dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan data desain yang meliputi bentang bersih dan dimensi balok yang menjepitnya.
2. Penentuan pelat 1 arah atau 2 arah

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} < 2 \rightarrow \text{(Pelat 2 arah)} \quad (3\text{-}4)$$

3. Menentukan lebar efektif flens (SNI 2847:2013 Pasal 13.2.4)

$$be = bw + 2 \cdot hw < bw + 8 \cdot hf$$

$$be = bw + 2 \cdot hw \quad (3\text{-}5)$$

$$be = bw + 8 \cdot hf \quad (3\text{-}6)$$

4. Menghitung rasio rata-rata kekakuan balok

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1)(\frac{t}{h})\left[4-6\left(\frac{t}{h}\right)+4\left(\frac{t}{h}\right)^2+(\frac{be}{bw}-1)(\frac{t}{h})^3\right]}{1+(\frac{be}{bw}-1)(\frac{t}{h})} \quad (3\text{-}7)$$

5. Momen inersia penampang balok

$$I_b = k \cdot \frac{\mathrm{b_w \cdot h^3}}{12} \quad (3\text{-}8)$$

6. Momen inersia penampang pelat

$$I_p = 0{,}5 \cdot \frac{\mathrm{b_p \cdot t^3}}{12} \quad (3\text{-}9)$$

7. Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} \quad (3\text{-}10)$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai αm sebagai berikut :

$$\alpha m = \frac{1}{n}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \cdots + \alpha_n) \qquad (3\text{-}11)$$

Dimana :

αm = nilai rata-rata α yang menjepit pelat tersebut.

α = rasio kekakuan balok terhadap pelat

– Bila αm ≤ 0,2, maka tebal pelat adalah 125 mm, namun bila 0,2 ≤ αm ≤ 2, maka tebal pelat ditentukan dengan persamaan (3.12) sesuai SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3 dan tidak boleh kurang dari 125 mm

$$h = \frac{\mathrm{Ln}(0{,}8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 5 \cdot \beta\ (\alpha\mathrm{m} - 0{,}2)} \qquad (3\text{-}12)$$

Keterangan :

h = tebal pelat (mm)

Ln = bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm)

fy = tegangan leleh baja (Mpa)

β = rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat.

– Bila αm ≥ 2, maka tebal pelat ditentukan dengan persamaan (3.13) dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$h = \frac{\mathrm{Ln}(0{,}8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9 \cdot \beta} \qquad (3\text{-}13)$$

Keterangan :

h = tebal pelat (mm)

Ln = bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm)

fy = tegangan leleh baja (Mpa)

β = rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat.

3.2.4. Preliminary desain sloof

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.1 dalam menentukan dimensi awal sloof dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Menentukan data desain yang meliputi panjang sloof dan data properti material
2. Rencanakan lebar sloof (b_w) adalah $= {}^{2}/_{3} \cdot h$

   SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.3 mengatur tentang lebar sloof (b_w) tidak boleh kurang dari nilai terkecil dari $0{,}3 \cdot h_{min}$ dan 250 mm.

3. Bila fy sama dengan 420 Mpa gunakan persamaan (3.14), bila fy selain 420 Mpa maka digunakan persamaan (3.15)

$$h_{min} = \frac{L}{16} \qquad (3\text{-}14)$$

$$h_{min} = \frac{L}{16}\ (0{,}4 + \frac{fy}{700}) \qquad (3\text{-}15)$$

Keterangan :

h_{min} = tinggi minimum sloof (mm)

L = panjang sloof (mm)

fy = tegangan leleh baja (Mpa)

3.2.5. Preliminary desain tangga

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

1. Menentukan data perencanaan meliputi elevasi tangga lantai, dan pelat bordes
2. Merencanakan lebar anak tangga (i) dan tinggi anak tangga (t)
3. Menghitung jumlah tanjakan dan injakan
4. Kontrol batasan α, yaitu $25^o \leq \alpha \leq 40^o$
5. Menentukan tebal efektif pelat dan bordes tangga berdasarkan tabel berikut:

Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

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 1840 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 $(0{,}4 + f_y/700)$.

(Sumber : SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a))

Pada perencanaan tangga pada struktur menggunakan cor setempat dengan perletakan jepit-jepit (bebas), agar struktur tangga tidak mempengaruhi struktur utama terhadap beban gempa. Perencanaan tangga dibedakan menjadi perencanaan tangga darurat dan tangga putar. Pada perencanaan struktur tangga ini lebar injakan harus memenuhi persyaratan pada persamaan (3.16)

$$2 \cdot t + i = 64 \sim 67\ cm \qquad (3\text{-}16)$$

Keterangan :

t = tinggi injakan (15 ~ 20 cm)

i = lebar injakan (26 ~ 30 cm)

3.3. Analisa Pembebanan

3.3.1. Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727:2013 Pasal 3.1 Poin 3.1.1).

3.3.2. Beban hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727:2013 Pasal 4.1)

3.3.3. Beban angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. (SNI 1727:2013 Pasal 26)

3.3.4. Beban gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu

diketahui klasifikasi situs tanah dan percepatan yang terjadi pada batuan dasar.

1. Perencanaan gempa rencana

   Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarannya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% (gempa 2500 tahun). Struktur gedung akan dirancang dengan menggunakan gempa respons spektrum.

2. Faktor keutamaan dan kategori resiko

   Pengaruh gempa rencana harus dikalikan faktor keutamaan I. Kategori resiko bangunan gedung untuk gempa dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 1. Sedangkan faktor keutamaan bangunan dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 2

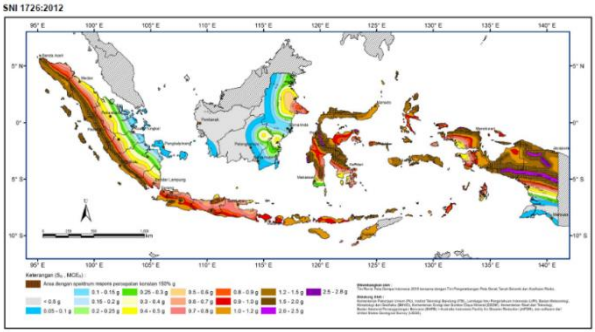
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa.

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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 2)

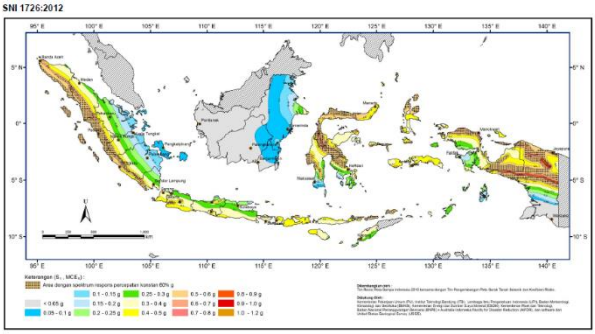
3. Parameter percepatan terpetakan

   Berdasarkan SNI 1726:2012 pada pasal 14, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter Ss (percepatan batuan dasar pada perioda pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik). Ss dan S_1 ditentukan dengan melihat peta wilayah gempa Indonesia tahun 2010.



Gambar 3. 4 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (S_S) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

(Sumber : SNI 1726:2012 Gambar 9)



Gambar 3. 5 Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S_1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

(Sumber : SNI 1726:2012 Gambar 10)

4. Klasifikasi situs tanah

Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium.

Klasifikasi kelas situs terbagi menjadi: SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Klasisfikasi memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifitas pada bangunan dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 3.

Tabel 3. 3 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15sampai 50	50 sampai100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karateristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\,\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7{,}5$ m dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 3)

5. Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = Fa \cdot S_S \qquad (3\text{-}17)$$

$$S_{M1} = Fv \cdot S_1 \qquad (3\text{-}18)$$

Dimana koefisien situs Fa dan Fv mengikuti SNI 1726:2012 Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3. 4 Koefisien Situs, Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S_s				
	$S_s \leq 0{,}25$	$S_s = 0{,}5$	$S_s = 0{,}75$	$S_s = 1{,}0$	$S_s \geq 1{,}25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS[b]				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 4)

Tabel 3. 5 Koefisien Situs, Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0{,}1$	$S_1 = 0{,}2$	$S_1 = 0{,}3$	$S_1 = 0{,}4$	$S_1 \geq 0{,}5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS[b]				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik,lihat 6.10.1

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 5)

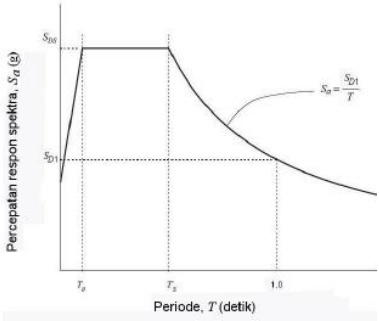
6. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1}, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = {}^{2}/_{3} \cdot S_{MS} \qquad (3\text{-}19)$$

$$S_{D1} = {}^{2}/_{3} \cdot S_{M1} \qquad (3\text{-}20)$$

7. Menentukan spektrum respons desain



Gambar 3. 6 Spektrum Respon Desain

(Sumber : SNI 1726:2012 Gambar 1)

a. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0, spektrum respons percepatan desain, S_a, harus diambil dari persamaan berikut ini:

$$S_a = S_{DS}(0{,}4 + 0{,}6 \cdot \frac{T}{T_0}) \qquad (3\text{-}21)$$

b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S, spektrum respons percepatan desain, S_a, sama dengan S_{DS}.

c. Untuk perioda lebih besar dari T_S, spektrum respons percepatan desain, S_a, diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \qquad (3\text{-}22)$$

Dimana :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik.

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0{,}2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3\text{-}23)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3\text{-}24)$$

3.3.5. Kombinasi pembebanan

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 :

Persamaan 1 : U = 1,4D

Persamaan 2 : U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)

Persamaan 3 : U = 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)

Persamaan 4 : U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr atau R)

Persamaan 5 : U = 1,2D + 1,0E + 1,0L

Persamaan 6 : U = 0,9D + 1,0W

Persamaan 7 : U = 0,9D + 1,0E

Dimana :

D = beban mati

L = beban hidup

Lr = beban hidup atap

R = beban hujan

W = beban angin

E = beban gempa

3.4. Pemodelan Struktur

Pada tahap ini, analisis struktur utama menggunakan program bantu SAP 2000. Dalam analisisnya, struktur gedung ini menggunakan pembebanan gempa respons spektrum yang diambil berdasarkan parameter respons spektral percepatan gempa daerah Taman Sepanjang. Selanjutnya output dari program bantu SAP 2000 akan digunakan untuk melakukan perencanaan dan kontrol komponen-komponen struktur.

3.5. Analisa Hasil

Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan program analisis struktur. Kombinasi yang dipakai untuk pembebanan pada program analisis struktur adalah sebagai berikut:

1. Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan mati :
   a. 1,4D
   b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
2. Ketahanan struktur terhadap beban angin dan dikombinasikan dengan beban hidup dan mati :
   a. 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)
   b. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr atau R)
   c. 0,9D + 1,0W
3. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :
   a. 1,2D + 1,0E + 1,0L
   b. 0,9D + 1,0E

Keterangan :

D = beban mati

L = beban hidup

Lr = beban hidup atap

R = beban hujan

W = beban angin

E = beban gempa

3.5.1. Kontrol periode fundamental

Periode fundamental struktur pendekatan

$$T_a = C_t \cdot {h_n}^x \quad (3\text{-}25)$$

Keterangan :

h_n = tinggi struktur (m)

Koefisien Ct dan x ditentukan dalam tabel 15 SNI 1726:2012

Tabel 3. 6 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 [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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 15)

Dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar,

$$T_a\ atas = Cu \cdot T_a \quad (3\text{-}26)$$

Koefisien Cu ditentukan dalam tabel 14 SNI 1726:2012

Tabel 3. 7 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 14)

3.5.2. Kontrol gaya geser dasar gempa

Penentuan koefisien Cu adalah :

$$Cs = \frac{S_{DS}}{(\frac{R}{Ie})} \quad (3\text{-}27)$$

Tetapi tidak boleh melebihi

$$Cs = \frac{S_{D1}}{T\,(\frac{R}{Ie})} \quad (3\text{-}28)$$

Harus tidak boleh kurang dari

$$Cs = 0{,}044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0{,}01 \quad (3\text{-}29)$$

$$V_{statis} = Cs \cdot Wt \quad (3\text{-}30)$$

3.5.3. Kontrol simpangan antar struktur

$$\delta x = \frac{\delta xe \cdot Cd}{Ie} \quad (3\text{-}31)$$

Keterangan :

δxe = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

Cd = faktor amplifikasi (SNI 1726:2012 Tabel 9)

Ie = faktor keutamaan gempa

3.6. Perhitungan Struktur Sekunder dan Primer

Bila sudah melakukan analisis gaya dengan menggunakan program analisis struktur dilakukan perhitungan pendetailan dan kontrol desain. Pada kontrol desain dilakukan agar analisis hasil pendetailan struktur bangunan dapat memenuhi syarat keamanan dan sesuai batas-batas tertentu menurut peraturan. Kontrol desain yang dilakukan adalah berupa pengecekan terhadap kontrol geser, kuat lentur, momen nominal, beban layan *(servicibility)* dan beban ultimat. Bila telah memenuhi, maka dapat diteruskan ke tahap penggambaran. Bila tidak memenuhi harus dilakukan re-design.

3.6.1. Pelat

Perhitungan pertama untuk elemen struktur pelat adalah menghitung penulangan pelat. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung kebutuhan tulangan pada pelat:

1. Menghitung momen nominal

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} \tag{3-32}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \tag{3-33}$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc\prime} \tag{3-34}$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc\prime}{fy} \cdot \frac{600}{(600+fy)} \tag{3-35}$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b \tag{3-36}$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy} \tag{3-37}$$

2. Menghitung rasio tulangan yang dipakai

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right) \tag{3-38}$$

Jika, $\rho_{perlu} < \rho_{min}$ maka ρ perlu diperbesar 30%, sehingga

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu} \quad (3\text{-}39)$$

3. Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$As = \rho \cdot b \cdot d \quad (3\text{-}40)$$

3.6.2. Tangga

Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan dengan prinsip yang sama dengan perencanaan pelat.

3.6.3. Balok induk

Dalam merencanakan penulangan balok induk dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Diberikan data-data meliputi dimensi balok dan properti material
2. Menentukan pembebanan yang akan dipikul oleh balok induk.
3. Menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000 sehingga didapatkan gaya-gaya dalam yang dibutuhkan dalam desain.
4. Menghitung rasio tulangan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy} \quad (3\text{-}41)$$

$$\rho_{min} = \frac{0{,}25\sqrt{f'c}}{fy} \quad (3\text{-}42)$$

$$\rho \text{ max} = 0{,}025 \quad (3\text{-}43)$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (3\text{-}44)$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot f'c} \quad (3\text{-}45)$$

$$\rho\ perlu = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{fy}}\right) \quad (3\text{-}46)$$

Cek ρ min < ρ perlu < ρ max

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (3\text{-}47)$$

$$As_{tulangan} = {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2 \quad (3\text{-}48)$$

$$Jumlah\ tulangan = \frac{As\ perlu}{As\ tulangan} \quad (3\text{-}49)$$

5. Menghitung kapasitas momen nominal (Mn)

$$a = \frac{As \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot b} \quad (3\text{-}50)$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (3\text{-}51)$$

Cek ϕ · Mn > Mn

6. Hitung kapasitas geser
   a. Penulangan geser tumpuan

      Untuk pemasangan tulangan geser di daerah sendi plastis (sepanjang 2h dari muka kolom)

      - Menghitung momen ujung di tiap-tiap

$$a = \frac{As \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot be} \quad (3\text{-}52)$$

$$M_{pr} = As(1{,}25 \cdot fy)\left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (3\text{-}53)$$

      - Menghitung gaya geser total

$$Ve = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{Ln} \quad (3\text{-}54)$$

Beton diasumsikan tidak menahan gaya geser, sehingga

Vc = 0

Vn = Ve maks

- Merencanakan tulangan geser

$$Vs = \frac{V_n}{\phi} \quad (3\text{-}55)$$

$$Vs_{maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d \quad (3\text{-}56)$$

Cek Vs < Vs maks

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2 \quad (3\text{-}57)$$

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} \quad (3\text{-}58)$$

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2, spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$s < {}^{d}/_{4}$$

s < 6 kali diameter tulangan longitudinal

s < 150 mm

b. Penulangan geser lapangan

Untuk pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (di luar 2h)

$$Vu_{lapangan} = Vn - (2 \cdot h) \quad (3\text{-}59)$$

$$\emptyset \cdot Vs_{min} = 0{,}75 \cdot {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d \quad (3\text{-}60)$$

$$\emptyset \cdot Vc = 0{,}75 \cdot {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d \qquad (3\text{-}61)$$

Cek kondisi,

$$Vu \leq 0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \qquad (3\text{-}62)$$

$$0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc \qquad (3\text{-}63)$$

$$\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{min}) \qquad (3\text{-}64)$$

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2 \qquad (3\text{-}65)$$

$$Av_{min} = \frac{b \cdot s}{3 \cdot fy} \qquad (3\text{-}66)$$

Syarat spasi sengkang maksimum,

$$S_{maks} < \frac{d}{2} \qquad (3\text{-}67)$$

7. Kontrol lendutan
8. Kontrol terhadap retak

3.6.4. Kolom

Langkah-langkah dalam penulangan kolom adalah sebagai berikut :

1. Diberikan data-data meliputi dimensi kolom dan properti material
2. Menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000 sehingga didapatkan gaya-gaya dalam yang dibutuhkan dalam desain.
3. Perencanaan tulangan memanjang kolom :
   a. Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom

      Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1 luas tulangan memanjang, A_{st}, tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag

b. Kontrol kapasitas beban aksial kolom atas dan bawah terhadap beban aksial terfaktor

$$\Phi \text{ Pn (max)} = 0{,}8 \cdot \varphi\ (0{,}85 \cdot \text{f'c (Ag} - \text{Ast)} + (\text{fy} \cdot \text{Ast})) \qquad (3\text{-}68)$$

Cek, Φ Pn (max) $>$ P max

4. Pemeriksaan persyaratan "*strong column weak beam"*

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan bahwa

$$\Sigma M_{nc} \geq (1{,}2)\Sigma\ M_{nb} \qquad (3\text{-}69)$$

Keterangan :

ΣM_{nc} = momen kapasitas kolom

ΣM_{nb} = momen kapasitas balok

Nilai ΣM_{nc} diperoleh dengan bantuan diagram interaksi kolom dengan program bantu pca Column.

5. Penentuan daerah plastis

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1 panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

$$l_0 > h\ kolom$$

$$l_0 > \frac{1}{6}\ x\ bentang\ bersih\ kolom$$

$$l_0 > 450\ mm$$

dimana s tidak boleh lebih besar dari

$$s < \frac{1}{4}\ x\ dimensi\ kolom\ minimum$$

$$s < 6\ x\ diameter\ tulangan\ longitudinal$$

$$s < 100 + (\frac{350 - h_x}{3})$$

6. Pengekangan kolom di daerah sendi plastis

Kebutuhan pengekangan di daerah sendi plastis ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 luas penampang total tulangan sengkang persegi, A_{sh}, tidak boleh kurang dari

$$A_{sh} = 0{,}3\frac{s \cdot b_c \cdot f'c}{f_{yt}}\left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}}\right) - 1\right] \quad (3\text{-}70)$$

$$A_{sh} = 0{,}09\frac{s \cdot b_c \cdot f'c}{f_{yt}} \quad (3\text{-}71)$$

Keterangan :

s = jarak tulangan transversal

b_c = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

fyt = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

A_g = luasan penampang kolom (mm)

A_{ch} = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

7. Kebutuhan tulangan geser

Gaya geser yang bekerja di sepanjang bentang kolom (Vu) ditentukan dari M_{pr+} dan M_{pr-} balok yang menyatu dengan kolom tersebut

$$a = \frac{As \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot b} \quad (3\text{-}72)$$

$$M_{pr} = As \cdot 1{,}25 \cdot fy\ (d - \frac{a}{2}) \quad (3\text{-}73)$$

$$Vu = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{ln} \quad (3\text{-}74)$$

Besarnya Vu harus dibandingkan dengan Vc, yaitu gaya geser yang diperoleh dari M_{pr} kolom. M_{pr} kolom diperoleh dengan program bantu pca Column. Karena dimensi dan penulangan kolom atas dan bawah sama, maka:

$$Ve = \frac{2 \cdot M_{pr}}{ln} \quad (3\text{-}75)$$

Cek Ve > Vu

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.2 nilai Vc diasumsikan 0, apabila 50% Ve > Vu, maka :

$$Pu < \frac{Ag \cdot f'c}{10} \quad (3\text{-}76)$$

Apabila tidak memenuhi persyaratan di atas, maka Vc ≠ 0. Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2 untuk komponen struktur yang dikenai beban aksial berlaku.

$$V_c = 0{,}17\left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right)\lambda\sqrt{f'_c \cdot b_w \cdot d} \quad (3\text{-}77)$$

Besarnya Vs dihitung berdasarkan tulangan confinement A_{sh} terpasang

$$Vs = \frac{As \cdot fy \cdot d}{s} \quad (3\text{-}78)$$

Cek, $\phi\ (Vc + Vs) > Vu$

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5 sisa panjang kolom di luar sendi plastis (l_o) tetap harus dipasang tulangan transversal dengan ketentuan berikut :

$s < \frac{d}{2}$

$s < 6\ x\ diameter\ tulangan\ longitudinal$

$s < 150\ mm$

8. Panjang lewatan pada sambungan tulangan kolom

Sambungan tulangan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3 untuk tulangan D22 dan yang lebih besar

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1{,}7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}}\right) d_b \qquad (3\text{-}79)$$

Keterangan :

Ψ_t = 1 (tidak berada di atas lapisan beton setebal 300 mm)

Ψ_e = 1 (tidak dilapisi epoksi)

λ = 1 (beton berat normal)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 12.15.1 panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti disyaratkan untuk sambungan kelas A atau B, tetapi tidak kurang dari 300 mm

Sambungan kelas A = $1{,}0 \cdot l_d$

Sambungan kelas B = $1{,}3 \cdot l_d$

3.7. Perhitungan Hubungan Balok Kolom

1. Kekuatan geser

Kekuatan geser hubungan balok kalom (HBK), harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1

- Untuk HBK terkekang balok pada semua muka,

  $$1{,}7\sqrt{f'c}\cdot A_j \qquad (3\text{-}80)$$

- Untuk HBK kolom terkekang balok pada 3 muka atau pada 2 muka berlawanan

  $$1{,}2\sqrt{f'c}\cdot A_j \qquad (3\text{-}81)$$

- Untuk kasus-kasus lainnya

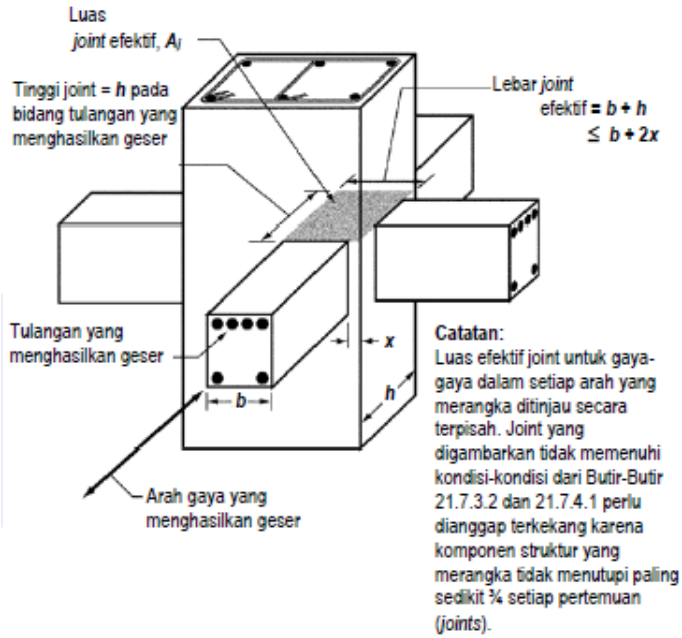
  $$1{,}0\sqrt{f'c}\cdot A_j \qquad (3\text{-}82)$$

  Keterangan :

  A_j = luas penampang efektif hubungan balok kolom, dihitung dari h kolom dikali lebar joint efektif.

Lebar joint efektif tidak melebihi yang terkecil dari :

a. Lebar balok ditambah tinggi joint
b. Dua kali tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom
   Maksud, dari persyaratan di atas dapat dilihat lebih jelas pada gambar di bawah ini



Gambar 3. 7 Luas penampang efektif hubungan balok kolom

(Sumber: SNI 2847:2013 Gambar S21.7.4)

2. Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.7.5.1, panjang penyaluran ℓ_{dh} untuk ukuran Ø-10 sampai Ø -36 dengan kait 90º tidak boleh kurang dari :

a. $8 \cdot d_b$
b. 150 mm
c. $l_{dh} = \frac{fy \cdot d_b}{5{,}4\sqrt{fc'}}$

Untuk tulangan tanpa kait, panjang penyaluran minimal sebesar :

a. 2,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm.
b. 3,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut lebih dari 300 mm.

3.8. Penggambaran Teknik

Setelah analisis struktur dan perhitungan struktur selesai dilakukan dan memenuhi persyaratan yang ada, maka hasil perhitungan dapat dituangkan ke dalam gambar teknik supaya hasil desain struktur dapat dimengerti oleh pihak pelaksana ataupun yang nantinya akan menggunakan.

Penggambaran teknik hasil desain struktur menggunakan bantuan software Auto CAD. Penggambaran teknik yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Gambar arsitektural, meliputi :
   a. Gambar denah
   b. Gambar tampak (tampak utara, selatan, timur, dan barat)
2. Gambar struktur, meliputi :
   a. Gambar potongan memanjang dan melintang
   b. Gambar balok
   c. Gambar kolom
   d. Gambar pelat
   e. Gambar plat tangga dan bordes
   f. Gambar atap
3. Gambar detail penulangan, meliputi :
   a. Gambar detail penulangan sloof
   b. Gambar detail penulangan balok
   c. Gambar detail penulangan kolom
   d. Gambar detail penulangan plat
   e. Gambar detail penulangan plat tangga dan bordes

3.9. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok - Pelat Lantai

Metode pelaksanaan yang dibahas adalah metode pelaksanaan pekerjaan balok dan pelat lantai. Dalam menentukan metode dan spesifikasi teknis digunakan acuan dari peraturan SNI 2847:2013 pasal 5.7 sampai dengan 6.2.2. Urutan pelaksanaan dan peralatan yang dibutuhkan akan diuraikan secara singkat seperti di bawah ini :

1. Persiapan peralatan dan tempat pengecoran

   Pada tahap ini dilakukan beberapa kegiatan, yaitu diantaranya pekerjaan pengukuran, pembuatan bekisting dan pabrikasi besi. Pekerjaan pengukuran ini bertujuan untuk mengatur/ memastikan kerataan ketinggian balok dan pelat.

2. Pemasangan perancah *(shoring)*

   Pada tahap ini dilakukan pemasangan perancah *(shoring)* yang bertujuan untuk menyangga bekisting. Pemasangan perancah ini diawali dengan pemasangan *jack base* yang kemudian diikuti dengan pemasangan *main frame* lalu *ladder frame* yang kemudian disambung dengan joint pin dan kemudian diperkuat oleh *cross brace* dan bagian paling atas dipasang *U-head*.

3. Pemasangan bekisting

   Pada tahap ini, pemasangan bekisting dilaksanakan setelah diketahui titik-titik penempatan bekisting melalui *marking point*. Pekerjaan bekisting pada balok – pelat menggunakan sistem semi modern dengan memakai *plywood* dan *scaffolding*.

4. Pembesian

   Pada tahap ini, pembesian tulangan merupakan pekerjaan yang meliputi pekerjaan pemotongan hingga perakitan tulangan, baik perakitan di tempat langsung

maupun di tempat fabrikasi. Pekerjaan tulangan menggunakan sistem perakitan di tempat fabrikasi besi selanjutnya diangkut ke lokasi proyek menggunakan Tower Crane.

5. Pengecoran

Pada tahap ini, pekerjaan pengecoran merupakan pekerjaan penuangan beton segar ke area yang telah dipasang bekisting dan tulangan. Pengecoran pada balok – pelat menggunakan beton *ready mix*.

6. Pembongkaran bekisting dan perancah

Pada tahap ini, pekerjaan pembongkaran bekisting dan perancah pelat dan balok dilakukan apabila beton telah cukup umur yaitu selama 7 hari. Beton yang cukup umur adalah beton yang dapat menahan berat sendiri dan beban dari luar.

7. Perawatan

Pada tahap ini dilakukan perawatan berupa *curing* beton yang dilakukan setelah pembongkaran bekisting, saat beton mulai atau memasuki fase *hardening.*

Setelah ditentukan urutan metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kemudian dilakukan pemilihan alat yang akan digunakan untuk melaksanakan pekerjaan.

1. Tower crane
2. Concrete bucket
3. Concrete vibrator

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1. Data Preliminary Desain

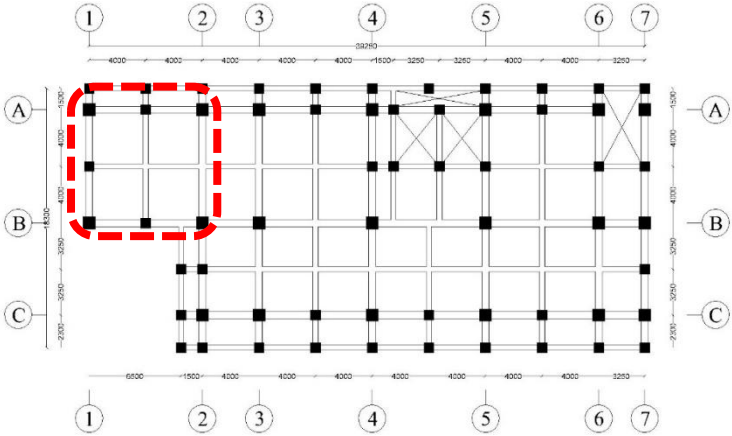
Bahan yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut :

Tipe bangunan	: Rumah sakit
Letak bangunan	: Taman, Sepanjang
Tinggi bangunan	: 40,15 m
Mutu beton (fc')	: 35 MPa
Mutu baja (fy) tulangan longitudinal	: 410 MPa
Mutu baja (fy) tulangan transversal	: 410 MPa

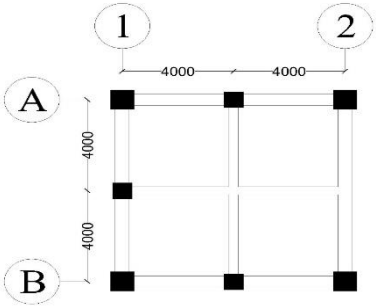
4.2. Preliminary Desain Balok

Dimensi balok ditinjau berdasarkan perbedaan bentang balok yang ada. Namun pada tugas akhir terapan ini hanya menjelaskan salah satu tipe balok yang mempunyai bentang terpanjang untuk dijadikan contoh perhitungan preliminary desain balok.

Berikut adalah balok bangunan yang akan ditinjau dalam contoh perhitungan preliminary desain balok yaitu :



Gambar 4. 1 Denah Balok dan Kolom Lantai 2-8



Gambar 4. 2 Detail Balok yang ditinjau

4.2.1. Balok induk

Dengan bentang balok induk (L) adalah 8.000 mm dapat diperhitungkan dimensi balok sebagai berikut :

- Tinggi balok (h)

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

$$h_{min} = \frac{8.000}{16}\ (0{,}4 + \frac{410}{700})$$

$$h_{min} = 493\ mm$$

$$h \quad \approx 700\ mm$$

- Lebar balok (b)

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

$$b = \frac{2}{3} \cdot 700$$

$$b = 467\ mm$$

$$b \approx 500\ mm$$

Maka balok induk dengan bentang 8.000 mm digunakan dimensi balok 500/700 mm.

4.2.2. Balok anak

Dengan bentang balok anak (L) adalah 8.000 mm dapat diperhitungkan dimensi balok sebagai berikut :

– Tinggi balok (h)

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

$$h_{min} = \frac{8.000}{21}\ (0{,}4 + \frac{410}{700})$$

$$h_{min} = 376\ mm$$

$$h \quad \approx 500\ mm$$

- Lebar balok (b)

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

$$b = \frac{2}{3} \cdot 500$$

$$b = 333\ mm$$

$$b \approx 350\ mm$$

Maka balok anak dengan bentang 8.000 mm digunakan dimensi balok 350/500 mm.

Dari hasil perhitungan preliminary desain balok direkapitulasi pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Desain Balok

Tipe Balok	**Bentang**	**Lebar**	**Tinggi**
	(L)	***(b)***	***(h)***
	(mm)	***(mm)***	***(mm)***
B1	8.000	500	700
B2	4.000	500	700
B3	6.500	500	700
B4	3.250	500	700
B5	1.500	500	700
B6	2.300	500	700
B7	8.000	350	500

B8	4.000	350	500
B9	6.500	350	500
B10	3.250	350	500
B11	1.500	350	500
B12	2.300	350	500
BB	3.250	350	500
BL	3.250	350	500

4.3. Preliminary Desain Kolom

Perencanaan dimensi kolom utama adalah sebagai berikut :

Data perencanaan :

- Tinggi kolom (L_{Kolom}) : 4.200 mm
- Bentang balok (L_{Balok}) : 8.000 mm
- Lebar balok (b_{Balok}) : 500 mm
- Tinggi balok (h_{Balok}) : 700 mm

Dimensi kolom direncanakan berdasarkan ketentuan ‘kolom kuat dan balok lemah’.

Perhitungan Perencanaan :

- Momen inersia balok (I_{Balok})

$$I_{Balok} = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_{Balok} = \frac{1}{12} 500 \cdot 700^3$$

$$I_{Balok} = 1{,}43 \cdot 10^{10}\ mm^4$$

- Momen inersia kolom (I_{Kolom})

$$\frac{EI_{Kolom}}{L_{Kolom}} \geq \frac{EI_{Balok}}{L_{Balok}}$$

$$\frac{I_{Kolom}}{4.200} \geq \frac{1{,}43 \cdot 10^{10}}{8.000}$$

$$I_{Kolom} \geq 0{,}75 \cdot 10^{10}\ mm^4$$

asumsi, b = h, maka

$$I_{Kolom} = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_{Kolom} = \frac{1}{12} h \cdot h^3$$

$$I_{Kolom} = \frac{1}{12}\ h^4$$

$$h^4 = I_{Kolom} \cdot 12$$

$$h^4 = 0{,}75 \cdot 10^{10} \cdot 12$$

$$h^4 = 9 \cdot 10^{10}$$

$$h = 548$$

$$h \approx 850\ mm$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan bentang 4.200 mm adalah 850/850 mm.

Dari hasil perhitungan preliminary desain kolom direkapitulasi pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Preliminary Desain Kolom

Tipe Kolom	**Bentang**	**Dimensi**	
	(L)	**(b)**	**(h)**
	(mm)	***(mm)***	***(mm)***
K1	4.200	850	850
K2	4.200	700	700

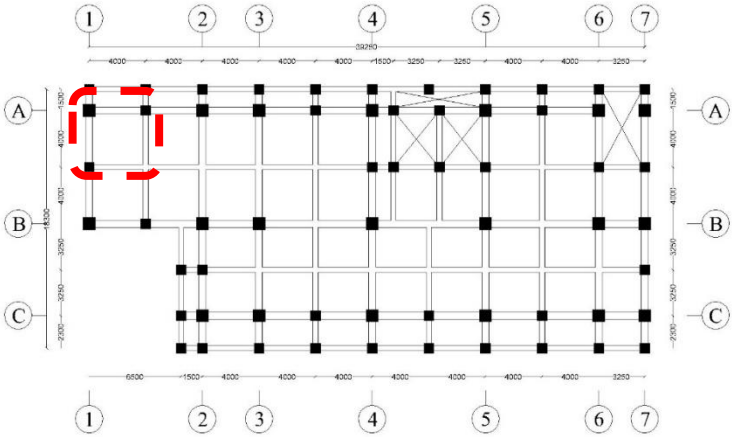
4.4. Preliminary Desain Pelat

Dalam laporan perhitungan dimensi pelat, cukup ditinjau satu tipe pelat yang mempunyai luasan yang terbesar.

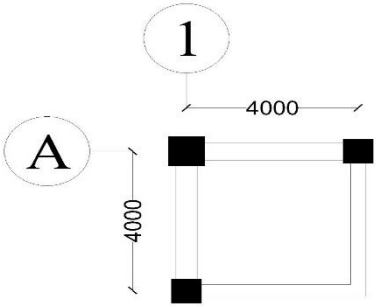
Data perencanaan :

- Kuat tekan beton (fc') : 35 MPa
- Kuat leleh tulangan (fy) : 410 MPa
- Rencana tebal pelat (hf) : 120 mm
- Bentang pelat sumbu panjang (Ly) : 4.000 mm
- Bentang pelat sumbu pendek (Lx) : 4.000 mm
- Balok atas : 500/700 mm
- Balok kiri : 500/700 mm
- Balok bawah : 350/500 mm
- Balok kanan : 350/500 mm

Gambar Perencanaan :



Gambar 4. 3 Denah Pelat Lantai 2-8



Gambar 4. 4 Detail Pelat yang ditinjau

Perhitungan Perencanaan :

- Bentang pelat bersih sumbu panjang (Ln)

$$Ln = Ly - \frac{b_{Balok\ atas}}{2} - \frac{b_{Balok\ bawah}}{2}$$

$$Ln = 4.000 - \frac{500}{2} - \frac{350}{2}$$

$Ln = 3.575\ mm$

- Bentang pelat bersih sumbu pendek (Sn)

$$Sn = Lx - \frac{b_{Balok\ kiri}}{2} - \frac{b_{Balok\ kanan}}{2}$$

$$Sn = 4.000 - \frac{500}{2} - \frac{350}{2}$$

$Sn = 3.575\ mm$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek (β)

$$\beta = \frac{Ln}{Sn}$$

$$\beta = \frac{3.675}{3.675}$$

$\beta = 1 < 2\ (Pelat\ 2\ Arah)$

- Rasio kekakuan
  - Balok as A Joint 1-1.5
    - Lebar efektif (be)

      Dipilih nilai terkecil dari

      $be = bw + 2 \cdot hw < bw + 8 \cdot hf$

      $be = bw + 2 \cdot hw$

      $be = 500 + 2 \cdot 700$

      $be = 1.900\ mm$

$$be = bw + 8 \cdot hf$$

$$be = 500 + 8 \cdot 120$$

$$be = 1.460\ mm$$

Dipakai nilai terkecil be = 1.460 mm

- Faktor modifikasi (k)

$$k = \frac{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})^3\right]}{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})}$$

$$k = 1{,}52$$

- Momen inersia penampang balok (I_b)

$$I_b = k\frac{\mathrm{b_w} \cdot \mathrm{h}^3}{12}$$

$$I_b = 1{,}52\frac{500 \cdot 700^3}{12}$$

$$I_b = 21{,}72 \cdot 10^9\ mm^4$$

- Momen inersia penampang pelat (I_p)

$$I_p = 0{,}5\frac{\mathrm{b_p} \cdot \mathrm{t}^3}{12}$$

$$I_p = 0{,}5\frac{8.000 \cdot 120^3}{12}$$

$$I_p = 57{,}6 \cdot 10^7\ mm^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat (α)

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{21{,}72 \cdot 10^9}{57{,}6 \cdot 10^7}$$

$$\alpha_1 = 37{,}7$$

- Balok as 1 Joint A-A.5
  - Lebar efektif (be)

    Dipilih nilai terkecil dari

$$be = bw + 2 \cdot hw < bw + 8 \cdot hf$$

$$be = bw + 2 \cdot hw$$

$$be = 500 + 2 \cdot 700$$

$$be = 1.900\ mm$$

$$be = bw + 8 \cdot hf$$

$$be = 500 + 8 \cdot 120$$

$$be = 1.460\ mm$$

    Dipakai nilai terkecil be = 1.460 mm

  - Faktor modifikasi (k)

$$k = \frac{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})^3\right]}{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})}$$

$k = 1{,}52$

- Momen inersia penampang balok (I_b)

$$I_b = k\frac{\mathrm{b_w} \cdot \mathrm{h}^3}{12}$$

$$I_b = 1{,}52\frac{500 \cdot 700^3}{12}$$

$$I_b = 21{,}72 \cdot 10^9\ mm^4$$

- Momen inersia penampang pelat (I_p)

$$I_p = 0{,}5\frac{\mathrm{b_p} \cdot \mathrm{t}^3}{12}$$

$$I_p = 0{,}5\frac{8.000 \cdot 120^3}{12}$$

$$I_p = 57{,}6 \cdot 10^7\ mm^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat (α)

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_2 = \frac{21{,}72 \cdot 10^9}{57{,}6 \cdot 10^7}$$

$$\alpha_2 = 37{,}7$$

- Balok as A.5 Joint 1-1.5
  - Lebar efektif (be)

    Dipilih nilai terkecil dari

    $$be = bw + 2 \cdot hw < bw + 8 \cdot hf$$

$be = bw + 2 \cdot hw$

$be = 350 + 2 \cdot 500$

$be = 1.350\ mm$

$be = bw + 8 \cdot hf$

$be = 350 + 8 \cdot 120$

$be = 1.310\ mm$

Dipakai nilai terkecil be = 1.310 mm

- Faktor modifikasi (k)

$$k = \frac{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})^3\right]}{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})}$$

$k = 1{,}73$

- Momen inersia penampang balok (I_b)

$$I_b = k\frac{\mathrm{b_w} \cdot \mathrm{h}^3}{12}$$

$$I_b = 1{,}73\frac{350 \cdot 500^3}{12}$$

$I_b = 62{,}92 \cdot 10^8\ mm^4$

- Momen inersia penampang pelat (I_p)

$$I_p = 0{,}5\frac{\mathrm{b_p} \cdot \mathrm{t}^3}{12}$$

$$I_p = 0{,}5\,\frac{8.000 \cdot 120^3}{12}$$

$$I_p = 57{,}6 \cdot 10^7\ mm^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat (α)

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_3 = \frac{62{,}92 \cdot 10^8}{57{,}6 \cdot 10^7}$$

$$\alpha_3 = 10{,}4$$

- Balok as 1.5 Joint A-A.5
  - Lebar efektif (be)

    Dipilih nilai terkecil dari

    $$be = bw + 2 \cdot hw < bw + 8 \cdot hf$$

    $$be = bw + 2 \cdot hw$$

    $$be = 350 + 2 \cdot 500$$

    $$be = 1.350\ mm$$

    $$be = bw + 8 \cdot hf$$

    $$be = 350 + 8 \cdot 120$$

    $$be = 1.310\ mm$$

    Dipakai nilai terkecil be = 1.310 mm

- Faktor modifikasi (k)

$$k = \frac{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})^3\right]}{1 + (\frac{be}{bw} - 1)(\frac{t}{h})}$$

$$k = 1{,}73$$

- Momen inersia penampang balok (I_b)

$$I_b = k\frac{\mathrm{b_w} \cdot \mathrm{h}^3}{12}$$

$$I_b = 1{,}73\frac{350 \cdot 500^3}{12}$$

$$I_b = 62{,}92 \cdot 10^8\ mm^4$$

- Momen inersia penampang pelat (I_p)

$$I_p = 0{,}5\frac{\mathrm{b_p} \cdot \mathrm{t}^3}{12}$$

$$I_p = 0{,}5\frac{8.000 \cdot 120^3}{12}$$

$$I_p = 57{,}6 \cdot 10^7\ mm^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat (α)

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_4 = \frac{62{,}92 \cdot 10^8}{57{,}6 \cdot 10^7}$$

$$\alpha_4 = 10{,}9$$

- Nilai rata-rata rasio kekakuan (α_m)

$$\alpha m = \frac{1}{n}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \cdots + \alpha_n)$$

$$\alpha m = \frac{1}{4}(37{,}7 + 37{,}7 + 10{,}9 + 10{,}9)$$

$$\alpha m = 24{,}3$$

- Tebal pelat

Karena nilai $\alpha_m \geq 2$, maka dipakai :

$$h = \frac{\text{Ln}\ (0{,}8 + \frac{fy}{1.400})}{36 + 9 \cdot \beta}$$

$$h = \frac{3.575\ (0{,}8 + \frac{410}{1.400})}{36 + 9 \cdot 1}$$

$$h = 87\ mm$$

$$h \approx 120\ mm$$

Direncanakan pelat lantai menggunakan ketebalan 120 mm.

Dari hasil perhitungan preliminary desain pelat direkapitulasi pada tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Preliminary Desain Pelat

Tipe Pelat	**Balok**				**Bentang**	
	1	**2**	**3**	**4**	**Panjang**	**Pendek**
	(cm)	***(cm)***	***(cm)***	***(cm)***	***(mm)***	***(mm)***
P1	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	4.000

P2	50/70	50/70	35/50	50/70	4.000	4.000
P3	50/70	50/70	35/50	50/70	4.000	3.250
P4	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	3.250
P5	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	1.500
P6	35/50	50/70	50/70	50/70	4.000	3.250
P7	50/70	50/70	35/50	50/70	3.250	3.250
P8	35/50	50/70	50/70	50/70	4.000	1.500
P9	35/50	50/70	50/70	35/50	1.500	1.500
P10	50/70	50/70	35/50	50/70	3.250	2.300
P11	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	2.300
P12	50/70	50/70	35/50	50/70	4.000	2.300
P13	50/70	35/50	35/50	50/70	2.300	1.500
P14	50/70	35/50	35/50	50/70	3.250	1.500
P15	35/50	50/70	50/70	50/70	3.250	1.500
P16	35/50	35/50	50/70	35/50	4.000	3.250
P17	35/50	35/50	35/50	50/70	3.250	1.500
P18	35/50	35/50	35/50	35/50	3.250	1.500
P19	50/70	35/50	35/50	35/50	3.250	1.500
PB1	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	4.000
PB2	50/70	50/70	35/50	50/70	4.000	4.000

PB3	50/70	50/70	35/50	50/70	4.000	3.250
PB4	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	3.250
PB5	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	1.500
PB6	35/50	50/70	50/70	50/70	4.000	3.250
PB7	50/70	50/70	35/50	50/70	3.250	3.250
PB8	35/50	50/70	50/70	50/70	4.000	1.500
PB9	35/50	50/70	50/70	35/50	1.500	1.500
PB10	35/50	35/50	50/70	50/70	6.500	1.500
PB11	50/70	50/70	35/50	50/70	3.250	2.300
PB12	50/70	50/70	35/50	35/50	4.000	2.300
PB13	50/70	35/50	35/50	50/70	3.250	1.500
PB14	35/50	50/70	50/70	50/70	3.250	1.500
PB15	35/50	35/50	50/70	35/50	4.000	3.250

Tipe Pelat	**α**					**Tebal (t) *(mm)***
	1	**2**	**3**	**4**	***m***	
P1	37,7	37,7	10,9	10,9	24,3	120
P2	37,7	37,7	10,9	37,7	31	120
P3	41,6	41,6	12,1	41,6	34,2	120

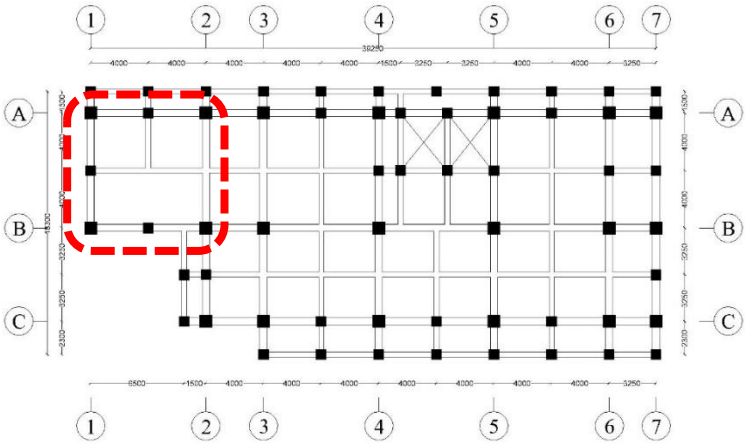
P4	41,6	41.6	12,1	12,1	26,8	120
P5	54,8	54,8	15,9	15,9	35,4	120
P6	12,1	41,6	41,6	41,6	34,2	120
P7	46,4	46,4	13,4	46,4	38,2	120
P8	15,9	54,8	54,8	54,8	45,1	120
P9	29,1	101	101	29,1	64,8	120
P10	54,4	54,4	15,7	54,4	44,7	120
P11	47,9	47,9	13,9	13,9	30,9	120
P12	47,9	47,9	13,9	47,9	39,4	120
P13	79,4	23	23	79,4	51,2	120
P14	63,5	18,4	18,4	63,5	41	120
P15	18,4	63,5	63,5	63,5	52,2	120
P16	12,1	12,1	41,6	12,1	19,4	120
P17	18,4	18,4	18,4	63,5	29,7	120
P18	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	120
P19	63,5	18,4	18,4	18,4	29,7	120
PB1	2,79	2,79	0,78	0,78	1,78	300
PB2	2,79	2,79	0,78	2,79	2,28	300
PB3	3,07	3,07	0,86	3,07	2,52	300
PB4	3,07	3,07	0,86	0,86	1,97	300

PB5	4,05	4,05	1,13	1,13	2,59	300
PB6	0,86	3,07	3,07	3,07	2,52	300
PB7	3,43	3,43	0,96	3,43	2,81	300
PB8	1,13	4,05	4,05	4,05	3,32	300
PB9	2,07	7,43	7,43	2,07	4,75	300
PB10	0,78	0,78	2,79	2,79	1,78	300
PB11	4,02	4,02	1,12	4,02	3,29	300
PB12	3,54	3,54	0,99	0,99	2,26	300
PB13	4,69	1,31	1,31	4,69	3	300
PB14	1,31	4,69	4,69	4,69	3,85	300
PB15	0,86	0,86	3,07	0,86	1,41	300

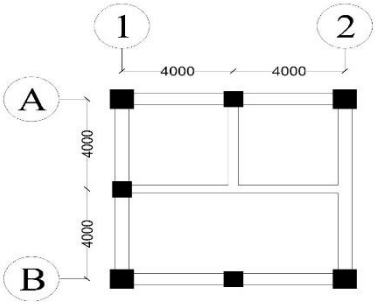
4.5. Preliminary Desain Sloof

Dimensi sloof ditinjau berdasarkan perbedaan bentang sloof yang ada. Namun pada tugas akhir terapan ini hanya menjelaskan salah satu tipe sloof yang mempunyai bentang terpanjang untuk dijadikan contoh perhitungan preliminary desain sloof.

Berikut adalah sloof bangunan yang akan ditinjau dalam contoh perhitungan preliminary desain sloof yaitu :



Gambar 4. 5 Denah Sloof Lantai Basement



Gambar 4. 6 Detail Sloof yang ditinjau

4.5.1. Sloof induk

Dengan bentang sloof induk (L) adalah 8000 mm dapat diperhitungkan dimensi sloof sebagai berikut :

- Tinggi sloof (h)

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

$$h_{min} = \frac{8.000}{16}\ (0{,}4 + \frac{410}{700})$$

$$h_{min} = 493\ mm$$

$$h \quad \approx 700\ mm$$

- Lebar sloof (b)

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

$$b = \frac{2}{3} \cdot 700$$

$$b = 467\ mm$$

$$b \approx 500\ mm$$

Maka sloof induk dengan bentang 8.000 mm digunakan dimensi sloof 500/700 mm.

4.5.2. Sloof anak

Dengan bentang sloof anak (L) adalah 8.000 mm dapat diperhitungkan dimensi sloof sebagai berikut :

- Tinggi sloof (h)

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

$$h_{min} = \frac{8.000}{21}\ (0{,}4 + \frac{410}{700})$$

$$h_{min} = 376\ mm$$

$$h \quad \approx 500\ mm$$

- Lebar balok (b)

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

$$b = \frac{2}{3} \cdot 500$$

$$b = 333\ mm$$

$$b \approx 350\ mm$$

Maka sloof anak dengan bentang 8.000 mm digunakan dimensi sloof 500/700 mm.

Dari hasil perhitungan preliminary desain sloof direkapitulasi pada tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Preliminary Desain Sloof

Tipe Sloof	**Bentang**	**Lebar**	**Tinggi**
	(L)	***(b)***	***(h)***
	(mm)	***(mm)***	***(mm)***
S1	8.000	500	700
S2	4.000	500	700
S3	6.500	500	700
S4	3.250	500	700
S5	1.500	500	700
S6	2.300	500	700
S7	8.000	350	500

S8	4.000	350	500
S9	6.500	350	500
S10	3.250	350	500
S11	1.500	350	500
S12	2.300	350	500

4.6. Preliminary Desain Tangga

Data perencanaan :

- Tebal rencana pelat tangga = 150 mm
- Tebal rencana pelat bordes = 150 mm
- Tinggi injakan (t) = 175 mm
- Lebar injakan (i) = 300 mm
- Panjang datar tangga = 3.600 mm
- Tinggi tangga = 4.200 mm
- Tinggi bordes = 2.100 mm
- Lebar bordes = 3.250 mm
- Panjang bordes = 1.900 mm
- Tebal selimut beton = 20 mm

Perhitungan perencanaan :

- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{Tinggi\ tangga}{t}$$

$$n_t = \frac{4.200}{175}$$

$$n_t = 24\ buah$$

- Jumlah injakan

$n_i = n_t - 1$

$n_i = 24 - 1$

$n_i = 23\ buah$

- Sudut kemiringan tangga

$\alpha = arc \tan \frac{t}{i}$

$\alpha = arc \tan \frac{175}{300}$

$\alpha = 30{,}26^o$

Syarat : 25 ≤ α ≤ 40

25 ≤ 30,26 ≤ 40 ***(OK)***

- Tebal efektif pelat tangga

$Luas\ 1 = {}^1/_2\ \cdot i \cdot t$

$Luas\ 1 = {}^1/_2\ \cdot 300 \cdot 175$

$Luas\ 1 = 26.250\ mm^2$

$Luas\ 2 = {}^1/_2\ \cdot (i^2 + t^2)^{0.5} \cdot d$

$Luas\ 2 = {}^1/_2\ \cdot (300^2 + 175^2)^{0.5} \cdot d$

$Luas\ 2 = 173{,}7 \cdot d$

Persamaan : $Luas\ 1 = Luas\ 2$

$26.250 = 173{,}7\ d$

$d = 151{,}2\ mm$

$$^1/_2 \cdot d = {}^1/_2 \cdot 151{,}2$$

$$^1/_2 \cdot d = 75{,}58\ mm$$

Maka tebal efektif pelat tangga adalah 230 mm

- Syarat lebar tanjakan dan tinggi injakan

Syarat : $2\ t + i \quad = 64 \sim 67\ cm$

$2 \cdot 175 + 300 = 64 \sim 67\ cm$

$650\ mm \quad = 64 \sim 67\ cm$ ***(OK)***

Dari hasil perhitungan preliminary desain tangga direkapitulasi pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Preliminary Desain Tangga

Tipe Tangga	**Tinggi Tangga**	**Tinggi Injakan**	**Lebar Injakan**	**Jumlah Tanjakan**	**Jumlah Injakan**
	(h)	**(t)**	**(i)**	**(n_t)**	**(n_i)**
	(mm)	***(mm)***	***(mm)***	***(buah)***	***(buah)***
TB	3.500	175	300	20	19
TL	4.200	175	300	24	23

Tipe Tangga	**α**	**Tebal Pelat**		
		Tangga		**Bordes**
		Rencana	**Efektif**	
		(mm)	***(mm)***	***(mm)***
TB	30,3	150	230	150
TL	30,3	150	230	150

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1. Beban Gravitasi

Pada elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi. Beban gravitasi yang terjadi mengacu pada peraturan SNI 1727:2013, PPIUG 1983, ASCE 7-02 dan brosur material yang ada pada saat ini. Untuk brosur material terdapat pada lampiran A. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000.

5.1.1. Beban mati (D)

Beban mati terdiri atas berat sendiri seluruh elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung seperti dinding, lantai, atap dan plafon. Beban mati terdiri dari dua macam, antara lain :

1. Berat sendiri *(Self Weight, Dead Load, DL)*
   - Berat beton : 2.400 kg/m^3 (PPIUG 1983)
2. Berat sendiri tambahan *(Superimposed Dead Load, SDL)*
   - Beban spesi keramik : 21 kg/m^2 (PPIUG 1983)
   - Beban keramik : 18 kg/m^2 (brosur)
   - Beban *ducting mechanical* : 19 kg/m^2 (ASCE-7-02)
   - Beban plafond : 5 kg/m^2 (ASCE-7-02)
   - Beban dinding bata ringan : 60 kg/m^2 (brosur)
     - Lantai 1-8 : 60 kg/m^2 x 4,2 m

       : 252 kg/m

- Lantai attic : 60 kg/m^2 x 3,05 m

  : 183 kg/m

- Beban spesi dinding : 48 kg/m^2 (ASCE-7-02)
  - Lantai 1-8 : 48 kg/m^2 x 4,2 m

    : 202 kg/m
  - Lantai attic : 48 kg/m^2 x 3,05 m

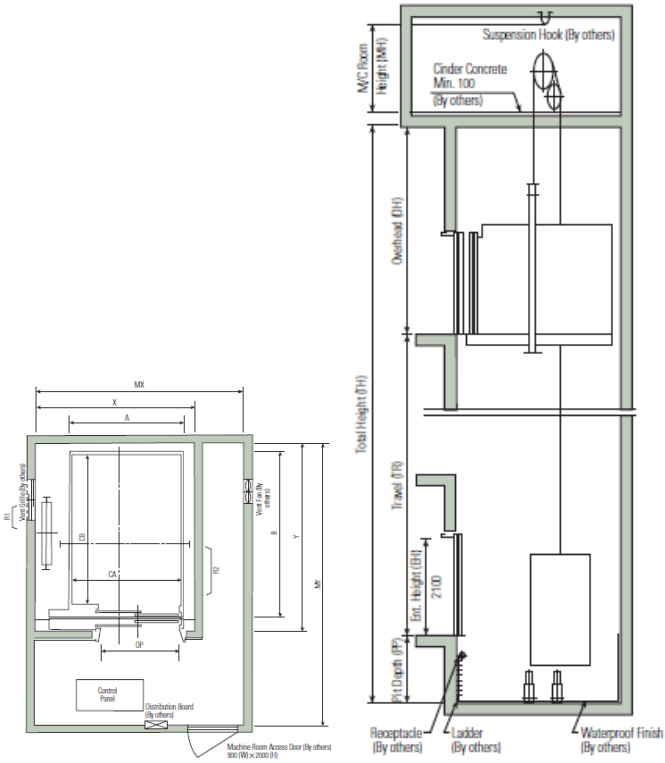
    : 146 kg/m
- Beban lapisan waterproofing : 5 kg/m^2 (ASCE-7-02)
- Beban lift : 33.600 kg

Pada gedung medik Rumah Sakit Siti Khadijah ini direncanakan menggunakan lift dengan merk *Hyundai Standard Type B1600-2S* dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Spesifikasi Lift Merk Hyundai

Speed	**M/C Room Reaction**		**Clear Opening**	**Overhead**
	R1	**R2**	**OP**	**OH**
(m/s)	***(kg)***	***(kg)***	***(mm)***	***(mm)***
1	11.500	9.500	1.200	4.400

Inside Dimension						
Car		**Hoistway**		**Machine Room**		
A	**B**	**A**	**B**	**MX**	**My**	**MH**
(mm)	***(mm)***	***(mm)***	***(mm)***	***(mm)***	***(mm)***	***(mm)***
1.600	2.507	2.400	2.850	2.750	4.000	2.400



Gambar 5. 1 Elevator Hyundai

- Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift
  - Panjang balok penggantung lift = 3250 mm
  - $Ra = R1 \cdot \psi$
  - $Rb = R2 \cdot \psi$
  - $\psi = (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot v) \geq 1{,}15$ (PPIUG 1983)
    - $k_1 = 0{,}6$
    - $k_2 = 1$
  - $\psi = (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot v) \geq 1{,}15$

    $\psi = (1 + 0{,}6 \cdot 1 \cdot 1) \geq 1{,}15$

$\psi = 1{,}6$

- $Ra = R1 \cdot \psi$

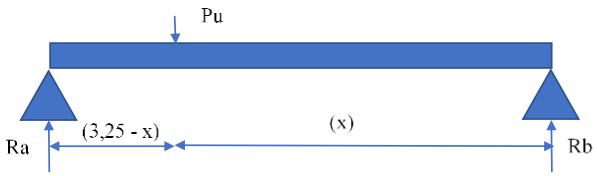
  $Ra = 11.500 \cdot 1{,}6$

  $Ra = 18.400\ kg$

- $Rb = R2 \cdot \psi$

  $Rb = 9.500 \cdot 1{,}6$

  $Rb = 15.200\ kg$



Gambar 5. 2 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift

$$\sum Mb = 0$$

$$0 = Ra \cdot L - Pu \cdot x$$

$$0 = 18.400 \cdot 3{,}25 - Pu \cdot x$$

$$0 = 59.800 - Pu \cdot x$$

$$Pu = \frac{59.800}{x}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$0 = Rb \cdot L - Pu \cdot x$$

$$0 = 15.200 \cdot 3{,}25 - \frac{59.800}{x} \cdot (3{,}25 - x)$$

$$0 = 49.400 - \frac{194.350}{x} + 59.800$$

$$0 = 109.200 - \frac{194.350}{x}$$

$$x = \frac{194.350}{109.200}$$

$$x = 1{,}78\ m$$

$$Pu = \frac{59.800}{x}$$

$$Pu = \frac{59.800}{1{,}78}$$

$$Pu = 33.600\ kg$$

5.1.2. Beban hidup (LL)

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban yang diakibatkan oleh alam. Beban hidup bergantung pada fungsi ruang, maka beban hidup dapat dibedakan sesuai dengan SNI 1727:2013 Tabel 4-1.

1. Beban hidup (L)
   - Beban ruang operasi : 287 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Beban ruang laboratorium : 287 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Beban ruang pasien : 192 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Beban koridor lantai pertama : 479 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Beban koridor diatas lantai pertama : 383 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Beban lobby : 479 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Beban tangga : 479 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Beban parkir : 192 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
2. Beban hidup atap (Lr)
   - Beban air hujan : 108 kg/m^2 (SNI 1727:2013)
   - Atap datar : 96 kg/m^2 (SNI 1727:2013)

5.2. Beban Angin

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin untuk bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727:2013 seperti berikut ini :

1. Menentukan kategori resiko bangunan

   Sesuai tabel 2.4, gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang termasuk ke dalam **kategori resiko IV.**

2. Kecepatan angin dasar

Kecepatan angin dasar yang dipakai didapatkan dari BPBD Kabupaten Sidoarjo. Dari data tersebut diambil nilai kecepatan dasar tertinggi :

V = 40 km/jam = 11,1 m/s

3. Menentukan parameter beban angin
   a. Faktor arah angin, Kd = 0,85
      (SNI 1727:2013 Tabel 26.6-1)
   b. Kategori eksposur = B
      (SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3)
   c. Faktor topografi, Kzt = 1
      (SNI 1727:2013 Pasal 26.8.2)
   d. Faktor efek tiupan angin, G = 0,85
      (SNI 1727:2013 Pasal 26.9.1)
   e. Koefisien tekanan internal, Gcpi = ± 0,18
4. Beban angin :
   a. Tekanan eksposur tekanan velositas, Kz atau Kh
      - Kz

        Z = 36,65 m

        Sesuai tabel 26.9.1 SNI 1727:2013 untuk kategori eksposur B, maka α = 7 dan Zg = 365,76 m. Nilai Kz didapatkan dengan melakukan perhitungan dibawah ini :

$$K_z = 2{,}01\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/\alpha}$$

$$K_z = 2{,}01\left(\frac{36{,}65}{365{,}76}\right)^{2/7}$$

$$K_z = 1{,}042$$

- Kh

  Z = 36,65 m

  Nilai Kh didapatkan dengan melakukan perhitungan interpolasi sesuai tabel 27.3-1 SNI 1727:2013 sebagai berikut :

  Diketahui, Z = 36,6 m → Kh = 1,04

  Z = 42,7 m → Kh = 1,09

  Dihitung dengan interpolasi linier :

  $$Kh = 1{,}04 + \frac{36{,}65 - 36{,}6}{42{,}7 - 36{,}6} x(1{,}09 - 1{,}04)$$

  $$Kh = 1{,}04$$

b. Tekanan velositas, qz dan qh

- qz

  $$q_z = 0{,}613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2$$

  $$q_z = 0{,}613 \cdot 1{,}042 \cdot 1 \cdot 0{,}85 \cdot 11{,}1^2$$

  $$q_z = 67{,}01\ N/m^2$$

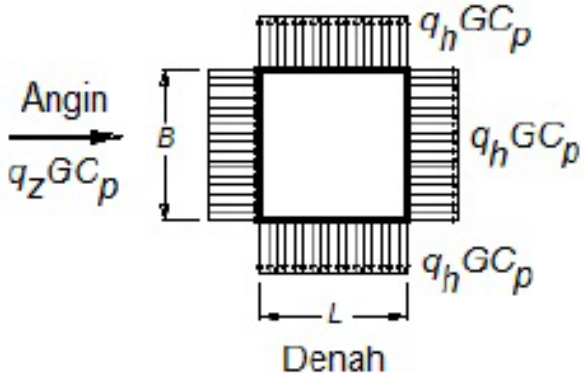
- qh

  $$q_h = 0{,}613 \cdot K_h \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2$$

  $$q_z = 0{,}613 \cdot 1{,}04 \cdot 1 \cdot 0{,}85 \cdot 11{,}1^2$$

  $$q_z = 66{,}93\ N/m^2$$

c. Koefisien eksternal, Cp



Gambar 5. 3 Beban Angin pada Bangunan

Dari data, diketahui tekanan angin terbesar berasal dari arah barat bangunan, sehingga L = 18,3 m dan B = 39,25 m, maka L/B = 0,47.

Tabel 5. 2 Perhitungan Nilai Cp untuk Tiap Permukaan Dinding

Permukaan	**Cp**	**Keterangan**
Dinding angin datang	0,8	Sesuai gambar 27.4-1 SNI 1727:2013
Dinding angin pergi	-0,5	Sesuai gambar 27.4-1 SNI 1727:2013 untuk L/B antara 0-1
Dinding angin tepi	-0,7	Sesuai gambar 27.4-1 SNI 1727:2013

d. Tekanan angin, p

- Tekanan angin datang

$$W_{datang} = q_z \cdot G \cdot C_p$$

$$W_{datang} = 67{,}01 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}8$$

$$W_{datang} = 45{,}57\ N/m^2$$

$$W_{datang} = 4{,}557\ kg/m^2$$

- Tekanan angin pergi

$$W_{pergi} = q_h \cdot G \cdot C_p$$

$$W_{pergi} = 66{,}93 \cdot 0{,}85 \cdot -0{,}5$$

$$W_{pergi} = -28{,}44\ N/m^2$$

$$W_{pergi} = -2{,}844\ kg/m^2$$

- Tekanan angin tepi

$$W_{tepi} = q_h \cdot G \cdot C_p$$

$$W_{tepi} = 66{,}93 \cdot 0{,}85 \cdot -0{,}7$$

$$W_{tepi} = -39{,}82\ N/m^2$$

$$W_{tepi} = -3{,}982\ kg/m^2$$

Kemudian, dihitung juga pengaruh-pengaruh beban angin menurut elevasi lantai yang ada sama dengan cara menghitung di atas. Didapatkan hasil perhitungan seperti pada tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Angin

Lantai	**Tinggi Lantai**	**Elevasi**	**Kz**	**Kh**	**qz**	**qh**
	(h lantai)	**(Z)**				
	(m)	***(m)***			***(N/m^2)***	***(N/m^2)***
Basement	3,5	-3,5	0	0	0	0
1	4,2	0	0	0	0	0
2	4,2	4,2	0,81	0,57	51,91	36,7
3	4,2	8,4	0,68	0,68	43,99	43,8
4	4,2	12,6	0,77	0,77	49,39	49,3
5	4,2	16,8	0,83	0,83	53,62	53,6
6	4,2	21	0,89	0,89	57,15	57
7	4,2	25,2	0,94	0,94	60,21	60,3
8	4,2	29,4	0,98	0,98	62,92	63
Attic	3,05	33,6	1,02	1,02	65,37	65,3
Atap	0	36,65	1,04	1,04	67,01	66,9

Lantai	Pengaruh Beban Angin		
	Angin		
	Datang	Pergi	Tepi
	(kg/m²)	*(kg/m²)*	*(kg/m²)*
Basement	0	0	0
1	0	0	0
2	3,53	-1,6	-2,2
3	2,99	-1,9	-2,6
4	3,36	-2,1	-2,9
5	3,65	-2,3	-3,2
6	3,89	-2,4	-3,4
7	4,09	-2,6	-3,6
8	4,28	-2,7	-3,7
Attic	4,44	-2,8	-3,9
Atap	4,56	-2,8	-4

Sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 28.4.4 yaitu beban angin yang digunakan pada desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari 77 kg/m^2 dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung. Sehingga digunakan beban angin untuk angin datang, angin pergi, dan angin tepi adalah 77 kg/m^2.

Beban tersebut kemudian dihitung dengan cara *tributary area* dan dijadikan beban pada kolom-kolom permodelan struktur

bangunan seperti pada tabel 5.4 di bawah ini. Tanda positif dan negatif merupakan arah datang atau pergi angin terhadap bangunan.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Tekanan Angin

Beban Tributary Area (Arah Y pada X = 0 m dan X = 6,5 m)					
Lokasi kolom pada sumbu Y	**Letak**	**Jarak Antar Kolom**	**Beban**	**Tributary Area**	**Keterangan**
(m)		***(m)***	***(kg/m²)***	***(kg/m)***	
0	Tepi	2,3	77	88,55	Tekanan angin datang
2,3	Tengah	2,3 3,25	77	213,675	
5,55	Tengah	3,25 3,25	77	250,25	
8,8	Tepi	4	77	154	
12,8	Tengah	4 4	77	308	
16,8	Tengah	4 1,5	77	211,75	
18,3	Tepi	1,5	77	57,75	

Beban Tributary Area (Arah Y pada X = 39,25 m)					
Lokasi kolom pada sumbu Y	**Letak**	**Jarak Antar Kolom**	**Beban**	**Tributary Area**	**Keterangan**
(m)		***(m)***	***(kg/m²)***	***(kg/m)***	
0	Tepi	2,3	77	-88,55	Tekanan angin pergi
2,3	Tengah	2,3 3,25	77	-213,675	
5,55	Tengah	3,25 3,25	77	-250,25	
8,8	Tengah	3,25 4	77	-279,13	
12,8	Tengah	4 4	77	-308	
16,8	Tengah	4 1,5	77	-211,75	
18,3	Tepi	1,5	77	-57,75	

Beban Tributary Area (Arah X pada Y = 0 m dan Y = 8,8 m)					
Lokasi kolom pada sumbu X	**Letak**	**Jarak Antar Kolom**	**Beban**	**Tributary Area**	**Keterangan**
(m)		***(m)***	***(kg/m²)***	***(kg/m)***	
0	Tepi	4	77	-154	Tekanan angin tepi
4	Tengah	4 2,5	77	-250,25	
6,5	Tepi	1,5	77	-57,75	
8	Tengah	1,5 4	77	-211,75	
12	Tengah	4 4	77	-308	
16	Tengah	4 4	77	-308	
20	Tengah	4 4	77	-308	
24	Tengah	4 4	77	-308	

28	Tengah	4 4	77	-308	
32	Tengah	4 4	77	-308	
36	Tengah	4 3,25	77	-279,13	
39,25	Tepi	3,25	77	-154	
Beban Tributary Area (Arah X pada Y = 18,3 m)					
Lokasi kolom pada sumbu X	**Letak**	**Jarak Antar Kolom**	**Beban**	**Tributary Area**	**Keterangan**
(m)		***(m)***	***(kg/m²)***	***(kg/m)***	
0	Tepi	4	77	-154	Tekanan angin tepi
4	Tengah	4 4	77	-308	
8	Tengah	4 4	77	-308	
12	Tengah	4 4	77	-308	

16	Tengah	4 4	77	-308	
20	Tengah	4 4	77	-308	
24	Tengah	4 4	77	-308	
28	Tengah	4 4	77	-308	
32	Tengah	4 4	77	-308	
36	Tengah	4 3,25	77	-279,13	
39,25	Tepi	3,25	77	-154	

5.3. Beban Gempa

Analisa pembebanan gempa pada gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012 dengan tinjauan gempa pada daerah Taman, Sepanjang. Adapun langkah-langkahnya yaitu :

1. Menetapkan kategori resiko bangunan berdasarkan tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Kategori Resiko 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: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, 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: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 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.	III

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - 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 Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 1)

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa untuk gedung yang direncanakan pada tugas akhir ini yaitu gedung rumah sakit termasuk dalam kategori resiko IV.

2. Menentukan faktor keutamaan gempa berdasarkan tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 2)

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa untuk gedung rumah sakit ini yang termasuk dalam kategori resiko IV memiliki faktor keutamaan gempa sebesar 1,50

3. Analisa data N-SPT

Tabel 5. 7 Analisa Hasil Data Borlog

Kedalaman	**Tebal**	**Jumlah Pukulan**	**di**
	(di)	***(Ni)***	**Ni**
(m)	***(m)***		
0	-	-	-
2	2	-	-
5	3	8	0,38
9	4	11	0,36
12	3	3	1
26	14	5,83	2,4
30	4	22	0,18
Σ	**30**		**4,32**

- Nilai N rata-rata = 6,94

$$N = \frac{\Sigma di}{\Sigma\, di/_{Ni}}$$

$$N = \frac{30}{4{,}32}$$

$$N = 6{,}94$$

Keterangan :

di = Tebal lapisan atau kedalaman lapisan tanah (m)

Ni = Jumlah pukulan/ tahanan penetrasi standart

4. Menentukan klasifikasi situs berdasarkan tabel 5.8. Berdasarkan hasil analisa data tanah, maka didapat klasifikasi situs tanah sebagai berikut :

Tabel 5. 8 Klasifikasi Situs

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

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 3)

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa nilai N rata-rata pada data tanah kurang dari 15 sehingga tanah tersebut termasuk ke dalam kelas situs SE (tanah lunak).

5. Menentukan parameter percepatan gempa (S_S dan S_1). Nilai parameter percepatan gempa untuk daerah Taman, Sepanjang yang digunakan melihat dari www.puskim.go.id dan digunakan nilai S_S = 0,670 dan S_1 = 0,256
6. Menentukan koefisien situs (Fa dan Fv) berdasarkan tabel 5.9 dan tabel 5.10.

Tabel 5. 9 Koefisien Situs Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periodа pendek, T=0,2 detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 4)

Dari penentuan nilai S_S, didapat nilai S_s yaitu 0,670 yang terletak diantara nilai 0,5 dengan 0,75 dan klasifikasi situs tanah E, sehingga untuk mendapatkan nilai Fa harus dilakukan dengan cara interpolasi linier. Setelah melakukan cara interpolasi linier, didapatkan nilai Fa sebesar 1,360.

Tabel 5. 10 Koefisien Situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periodа 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik,lihat 6.10.1

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 5)

Dari penentuan nilai S_1, didapat nilai S_1 yaitu 0,256 yang terletak diantara nilai 0,2 dengan 0,3 dan klasifikasi situs tanah E, sehingga untuk mendapatkan nilai Fv harus dilakukan dengan cara interpolasi linier. Setelah melakukan cara interpolasi linier, didapatkan nilai Fv sebesar 2,976.

7. Menghitung parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}).
   a. $S_{MS} = Fa \cdot Ss$

      $S_{MS} = 1{,}36 \cdot 0{,}67$

      $S_{MS} = 0{,}91$

   b. $S_{M1} = Fv \cdot S_1$

      $S_{M1} = 2{,}98 \cdot 0{,}256$

      $S_{M1} = 0{,}76$

8. Menghitung parameter percepatan desain spektral (S_{DS} dan S_{D1})
   a. $S_{DS} = {}^{2}/_{3} \cdot S_{MS}$

      $S_{DS} = {}^{2}/_{3} \cdot 0{,}91$

      $S_{DS} = 0{,}61$

   b. $S_{D1} = {}^{2}/_{3} \cdot S_{M1}$

      $S_{D1} = {}^{2}/_{3} \cdot 0{,}76$

      $S_{D1} = 0{,}51$

9. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan tabel 5.11 dan tabel 5.12

Tabel 5. 11 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 6)

Tabel 5. 12 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik

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

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 7)

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa gedung rumah sakit ini termasuk Kategori Resiko D.

10. Menentukan koefisien modifikasi respon (R), faktor pembesaran defleksi (C_d) dan faktor pembesaran defleksi (Ω_0).

Tabel 5. 13 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0{}^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d{}^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)[c]				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D[d]	E[d]	F[e]
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10[h,i]	TI[h]	TI[i]
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI[h]	TI[h]	TI[i]
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3°	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

E.Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus[f]	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI[h,k]
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 9)

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien modifikasi respon (R) sebesar 8, faktor pembesaran defleksi (C_d) sebesar 5½ dan faktor pembesaran defleksi (Ω_0) sebesar 3.

11. Menentukan prosedur analisis gaya gempa berdasarkan tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan

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

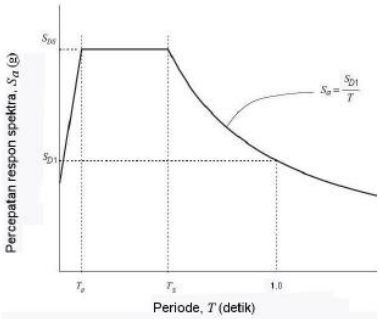
CATATAN: I: Diijinkan, TI: Tidak Diijinkan

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 13)

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pemilihan prosedur analisis struktur menggunakan analisis respons spektrum masih diijinkan.

12. Melakukan analisis modal respon spektrum.

Analisis modal respon spektrum dilakukan dengan menggambar dan memasukkan grafik respon spektrum rencana ke dalam program bantu analisis struktur *(SAP 2000)*. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respons Spektrum Desain

(Sumber : SNI 1726:2012 Gambar 1)

Menurut SNI 1726:2012, respons spektrum desain meliputi:

a. Pada periode $T<T_0$, respons spektrum desain harus dihitung dengan cara dibawah ini :

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

b. Pada periode $T_0 \leq T \leq T_S$, respons spektrum percepatan harus dihitung dengan cara dibawah ini :

$$S_a = S_{DS}$$

c. Pada periode $T > T_S$, respons spektrum percepatan harus dihitung dengan cara dibawah ini :

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

Dengan :

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

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

Dengan ketentuan diatas, maka respons spektrum percepatan harus dihitung dengan cara :

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

$$T_0 = 0{,}2\ \frac{0{,}51}{0{,}61}$$

$$T_0 = 0{,}17$$

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

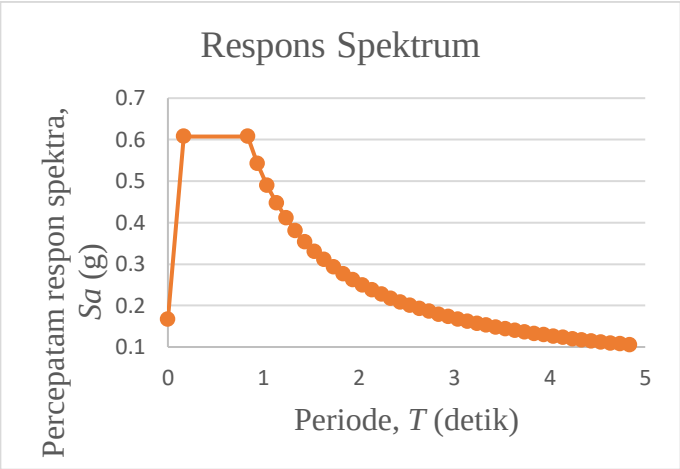
$$T_S = \frac{0{,}51}{0{,}61}$$

$$T_S = 0{,}84$$

Tabel 5. 15 Tabel Respons Spektrum

T	**T**	**Sa**	**T**	**T**	**Sa**
(detik)	***(detik)***	***(detik)***	***(detik)***	***(detik)***	***(detik)***
0	0	0,17	Ts+2,0	2,836	0,18
T0	0,167	0,61	Ts+2,1	2,936	0,17
Ts	0,836	0,61	Ts+2,2	3,036	0,17
Ts+0,1	0,936	0,54	Ts+2,3	3,136	0,16
Ts+0,2	1,036	0,49	Ts+2,4	3,236	0,16
Ts+0,3	1,136	0,45	Ts+2,5	3,336	0,15
Ts+0,4	1,236	0,41	Ts+2,6	3,436	0,15
Ts+0,5	1,336	0,38	Ts+2,7	3,536	0,14
Ts+0,6	1,436	0,35	Ts+2,8	3,636	0,14
Ts+0,7	1,536	0,33	Ts+2,9	3,736	0,14
Ts+0,8	1,636	0,31	Ts+3,0	3,836	0,13
Ts+0,9	1,736	0,29	Ts+3,1	3,936	0,13
Ts+1,0	1,836	0,28	Ts+3,2	4,036	0,13
Ts+1,1	1,936	0,26	Ts+3,3	4,136	0,12
Ts+1,2	2,036	0,25	Ts+3,4	4,236	0,12
Ts+1,3	2,136	0,24	Ts+3,5	4,336	0,12
Ts+1,4	2,236	0,23	Ts+3,6	4,436	0,11

Ts+1,5	2,336	0,22	Ts+3,7	4,536	0,11
Ts+1,6	2,436	0,21	Ts+3,8	4,636	0,11
Ts+1,7	2,536	0,2	Ts+3,9	4,736	0,11
Ts+1,8	2,636	0,19	Ts+4,0	4,836	0,11
Ts+1,9	2,736	0,19			



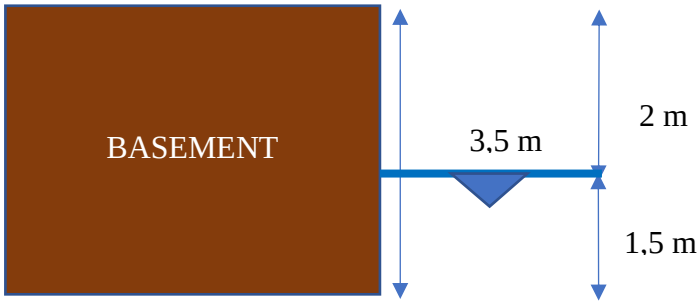
Gambar 5. 5 Grafik Respons Spektrum

Perencana menggunakan perhitungan manual sebagai acuan untuk input pada program bantu SAP 2000.

5.4. Beban Hidup Tanah (H)

Beban tanah dihitung untuk pembebanan pada area *basement* yang berada pada kedalaman -3,5 meter. Diketahui dari hasil uji tanah Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah, terdapat muka air tanah pada kedalaman 2 meter. Beban tanah dihitung dalam kondisi tanah aktif seperti berikut ini.

Kedalaman	**ɣt**	**ɣw**	**c**	**Ø**
(m)	***(kN/m³)***	***(kN/m³)***	***(kN/m²)***	***(⁰)***
2 - 5	17,1	10	0,171	2,1



Gambar 5. 6 Ilustrasi Perhitungan Beban Tanah

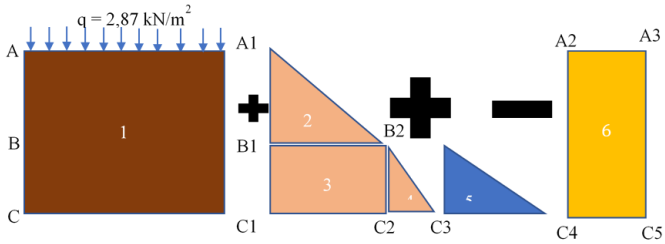
1. Menghitung nilai Ka

$$Ka = \frac{1 - \sin\theta}{1 + \sin\theta}$$

$$Ka = \frac{1 - 0{,}037}{1 + 0{,}037}$$

$$Ka = 0{,}93$$

2. Menghitung nilai tekanan tanah aktif



Gambar 5. 7 Tekanan Tanah Aktif

$A{\sim}A1 = q \cdot Ka$

$A{\sim}A1 = 2{,}87 \cdot 0{,}93$

$A{\sim}A1 = 2{,}67\ kN/m^2$

$B1{\sim}B2 = Ka \cdot \gamma' \cdot h1$

$B1{\sim}B2 = 0{,}93 \cdot 7{,}1 \cdot 2$

$B1{\sim}B2 = 13{,}2\ kN/m^2$

$\mathrm{C2}{\sim}C3 = Ka \cdot \gamma' \cdot h2$

$C2{\sim}C3 = 0{,}93 \cdot 7{,}1 \cdot 1{,}5$

$C2{\sim}C3 = 9{,}9\ kN/m^2$

$\mathrm{C3}{\sim}C4 = \gamma w \cdot h2$

$C3{\sim}C4 = 10 \cdot 1{,}5$

$C3{\sim}C4 = 15\ kN/m^2$

$C4{\sim}C5 = 2c\sqrt{Ka}$

$C4{\sim}C5 = 2 \cdot 0{,}171 \cdot \sqrt{0{,}93}$

$C4{\sim}C5 = 0{,}33\ kN/m^2$

Beban pada dinding *basement* berdasar titik ketinggian akibat tekanan tanah aktif adalah :

a. Pada h = 0 m

$P = A{\sim}A1 - C4{\sim}C5$

$P = 2{,}67 - 0{,}33$

$P = 2{,}34\ kN/m^2$

b. Pada h = 3,5 m

$P = C{\sim}C1 + C1{\sim}C3 + C3{\sim}C4 - C4{\sim}C5$

$P = 2{,}67 + (13{,}2 + 9{,}9) + 15 - 0{,}33$

$P = 40{,}4\ kN/m^2$

5.5. Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan dibawah ini berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2 :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)

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

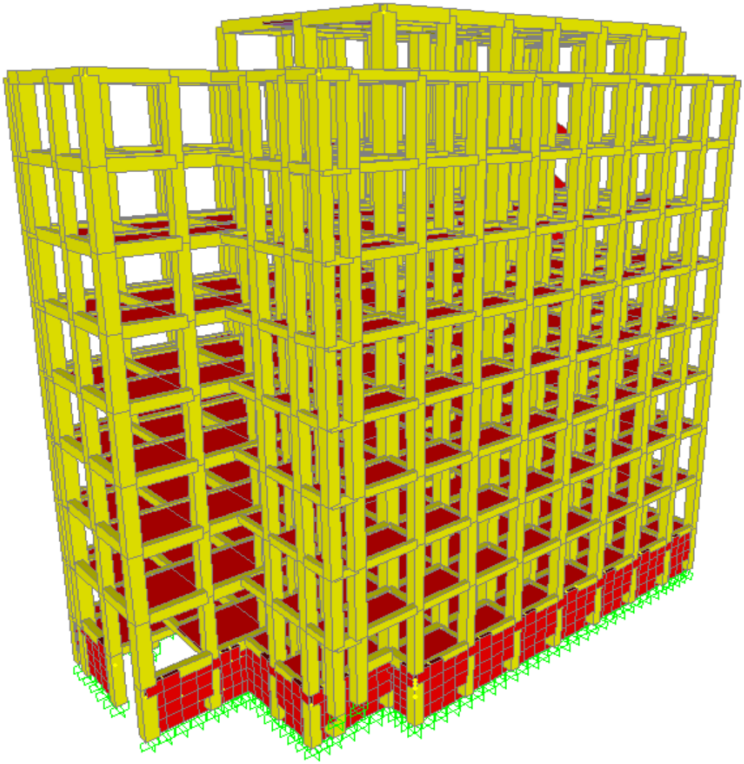
Keterangan :	D	= beban mati
	L	= beban hidup
	Lr	= beban hidup atap
	R	= beban hujan
	W	= beban angin
	E	= beban gempa

BAB VI

ANALISA PERMODELAN

6.1. Permodelan Struktur

Permodelan struktur bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ini dapat dilihat pada gambar 6.1 yang merupakan permodelan dari *SAP 2000.*



Gambar 6. 1 Permodelan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada SAP 2000

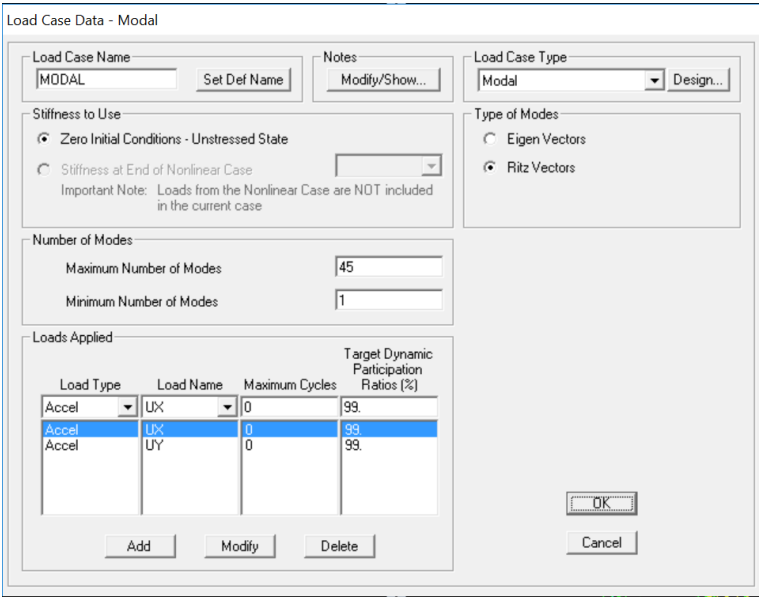
6.2. Peninjauan terhadap Pengaruh Gempa

Pembebanan gempa horizontal dibagi kedalam dua arah yaitu :

1. Gempa arah x dengan komposisi 100% Ex + 30% Ey
2. Gempa arah y dengan komposisi 100% Ey + 30% Ex

6.3. Analisis Modal dan Ragam Analisis

Analisis modal menggunakan *SAP 2000* diambil sebanyak 5 kali dari jumlah lantai yang dimodelkan, *Mode Shape* untuk menjamin partisi massa struktur lebih dari 90%. Dalam hal lateral kearah X dan kearah Y. Input data untuk analisa modal dapat dilihat pada Gambar 6.2.



Gambar 6. 2 Form Input untuk Analisa Modal SAP 2000

6.4. Faktor Skala Gaya Gempa dengan Respon Spektrum *SAP 2000*

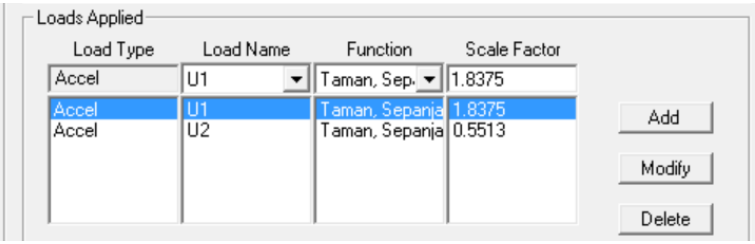
Faktor skala gaya gempa dihitung dengan menggunakan cara dibawah ini :

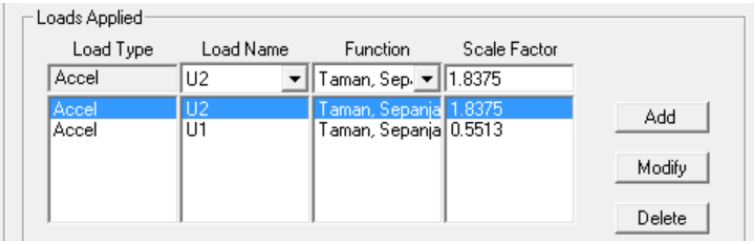
$$Faktor\ Pembebanan = \frac{I}{R} \cdot g$$

$$Faktor\ Pembebanan = \frac{1{,}5}{8} \cdot 9{,}8$$

$$Faktor\ Pembebanan = 1{,}84$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah 0,3 x 1,84 = 0,552





Gambar 6. 3 Faktor Skala Gaya Gempa

6.5. Kontrol Periode Fundamental

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1 sebagai batas bawah sebesar :

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

Dimana :

C_t = parameter pendekatan tipe struktur

h_n = ketinggian struktur

x = parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6. 1 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 [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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 15)

$$T_{a_{batas\ bawah}} = C_t \cdot {h_n}^x$$

$$T_{a_{batas\ bawah}} = 0{,}0466 \cdot 40{,}15^{0{,}9}$$

$$T_{a_{batas\ bawah}} = 1{,}2933\ detik$$

Dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar :

$$T_{a\ batas\ atas} = Cu \cdot T_{a\ batas\ bawah}$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2, periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung dari SNI 1726:2012 Tabel 14, sehingga T yang akan digunakan ialah $T_{a\ atas} = Cu \cdot T_{a\ batas\ bawah}$

Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 14)

Nilai C_u = 1,4 karena nilai S_{D1} = 0,51. $T_{a\ batas\ atas}$ dapat diperoleh sebagai berikut :

$$T_{a\ batas\ atas} = Cu \cdot T_{a\ batas\ bawah}$$

$$T_{a\ batas\ atas} = 1{,}4 \cdot 1{,}293$$

$$T_{a\ batas\ atas} = 1{,}811\ detik$$

Dari permodelan pada *SAP 2000* didapat :

OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.5958
MODAL	Acceleration	UY	100	99.664
MODAL	Acceleration	UZ	71.3067	43.5302

Gambar 6. 4 Modal Load Participation Ratio

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.337861	0.74746	4.6964	22.057
MODAL	Mode	2	1.258346	0.79489	4.9932	24.932
MODAL	Mode	3	1.110516	0.90048	5.6579	32.012
MODAL	Mode	4	0.415382	2.4074	15.126	228.8
MODAL	Mode	5	0.401085	2.4932	15.665	245.41
MODAL	Mode	6	0.351281	2.8467	17.887	319.93
MODAL	Mode	7	0.224794	4.4485	27.951	781.25
MODAL	Mode	8	0.22359	4.4725	28.101	789.69
MODAL	Mode	9	0.193971	5.1554	32.392	1049.3
MODAL	Mode	10	0.15301	6.5355	41.064	1686.2
MODAL	Mode	11	0.150821	6.6304	41.66	1735.5
MODAL	Mode	12	0.14959	6.685	42.003	1764.2
MODAL	Mode	13	0.143621	6.9628	43.748	1913.9
MODAL	Mode	14	0.131886	7.5823	47.641	2269.7
MODAL	Mode	15	0.13143	7.6086	47.806	2285.4
MODAL	Mode	16	0.127469	7.8451	49.292	2429.7
MODAL	Mode	17	0.123912	8.0702	50.707	2571.2
MODAL	Mode	18	0.122544	8.1603	51.273	2628.9
MODAL	Mode	19	0.117974	8.4764	53.259	2836.5
MODAL	Mode	20	0.117712	8.4953	53.378	2849.2
MODAL	Mode	21	0.113893	8.7802	55.168	3043.5

Gambar 6. 5 Perioda dari Program SAP 2000

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut :

$T_{a\ min} \leq T_{sap} \leq T_{max}$

$1{,}2933 \leq 1{,}34 \leq 1{,}811$

Tinjauan struktur *uncracked* untuk perioda struktur pada permodelan telah memenuhi persyaratan yang dihitung. Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, perioda fundamental struktur (T) yang dipakai adalah T hasil analisis struktur.

6.6. Kontrol Gaya Geser Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya geser gempa dinamis struktur untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan *response spectrum* sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726:2012 pasal 7.8.1. Untuk contoh gaya geser gempa dasar dinamis ditentukan koefisien C_s adalah sebagai berikut :

- Nilai C_s minimum :

$$Cs_{min} = 0{,}044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0{,}01$$

$$Cs_{min} = 0{,}044 \cdot 0{,}607 \cdot 1{,}5 \geq 0{,}01$$

$$Cs_{min} = 0{,}0401 \geq 0{,}01$$

- Nilai C_s :

$$Cs = \frac{S_{DS}}{(\frac{R}{Ie})}$$

$$Cs = \frac{0{,}607}{(\frac{8}{1{,}5})}$$

$$Cs = 0{,}114$$

- Nilai C_s maksimum :

$$Cs_{max} = \frac{S_{D1}}{T\ (\frac{R}{Ie})}$$

$$Cs_{max} = \frac{0{,}507}{1{,}34\ (\frac{8}{1{,}5})}$$

$$Cs_{max} = 0{,}071$$

$C_{s\ min}$	$\leq$	C_s	$\leq$	$C_{s\ max}$
0,0401	$\leq$	0,114	$\geq$	0,071

Sehingga digunakan C_s pakai sebesar C_s maksimum sebesar 0,071.

Penentuan gaya geser dinamis struktur menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{statis} = Cs \cdot Wt$$

Dimana,

C_s = koefisien respons seismik

W_t = total beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m	GlobalMZ Kgf-m
Earthquake X	LinRespSpec	Max	987327.06	279315.63	7986.77	7416585.84	26563772.76	11149104.22
Earthquake Y	LinRespSpec	Max	298112.91	923948.16	11955.14	24548850.65	8022497.22	18815487.24
1 D + 1 L	Combination		000000002594	000000001818	11114438.75	108226240.5	-238177727	00000004555

Gambar 6. 6 Hasil SAP Beban Mati, Beban Mati Tambahan, dan Beban Hidup

Dari hasil *SAP 2000* didapat :

W_t = 11.114.438,75 kg

$$V_{statis} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{statis} = 0{,}071 \cdot 11.114.438{,}75$$

$$V_{statis} = 791.151{,}124\ kg$$

$$0{,}85 \cdot V_{statis} = 0{,}85 \cdot 791.151{,}124$$

$$0{,}85 \cdot V_{statis} = 672.478{,}455\ kg$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari *SAP 2000* didapatkan sebesar :

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m	GlobalMZ Kgf-m
Earthquake X	LinRespSpec	Max	987327.06	279315.63	7986.77	7416585.84	26563772.76	11149104.22
Earthquake Y	LinRespSpec	Max	298112.91	923948.16	11955.14	24548850.65	8022497.22	18815487.24
1 D + 1 L	Combination		000000002594	000000001818	11114438.75	108226240.5	-238177727	00000004555

Gambar 6. 7 Base Reaction dari Program SAP 2000

Dari hasil *SAP 2000* didapat :

- Untuk arah x

$V_{base\ shear}$ > $0{,}85 \cdot V_{statis}$

987.327,06 kg > 672.478,455 kg ***(OK)***

- Untuk arah y

$V_{base\ shear}$ > $0{,}85 \cdot V_{statis}$

923.948,16 kg > 672.478,455 kg ***(OK)***

Ketentuan $V_{base\ shear} > 0{,}85 \cdot V_{statis}$ telah memenuhi syarat SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.

6.7. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar tingkat perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis (δ_{xe}) dari analisis struktur. Setelah itu nilai-nilai δ_{xe} dikalikan dengan faktor pembesaran C_d/I_e. Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada satu tingkat dibawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat di massa tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan dibawah ini :

$$\delta x = \frac{\delta xe \cdot Cd}{Ie}$$

Keterangan :

δxe = defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

Cd = faktor amplifikasi (SNI 1726:2012 Tabel 9)

Ie = faktor keutamaan gempa

Tabel 6. 3 Simpangan Antar Lantai Ijin, δa

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.	$0{,}025h_{sx}$ [c]	$0{,}020\,h_{sx}$	$0{,}015\,h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata [d]	$0{,}010\,h_{sx}$	$0{,}010\,h_{sx}$	$0{,}010\,h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0{,}007\,h_{sx}$	$0{,}007\,h_{sx}$	$0{,}007\,h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0{,}020\,h_{sx}$	$0{,}015\,h_{sx}$	$0{,}010\,h_{sx}$

[a] h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

[b] Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan 7.12.1.1.

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 16)

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah X

Tabel 6. 4 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Arah X				
Lantai	**Elevasi**	**Tinggi Antar Tingkat**	**δe**	**δxe**
	(m)	**(m)**	**(mm)**	**(mm)**
Atap	36,65	3,05	39,45	0,97
Attic	33,6	4,2	38,48	2,24
8	29,4	4,2	36,24	3,33
7	25,2	4,2	32,9	4,33
6	21	4,2	28,57	5,19
5	16,8	4,2	23,39	5,87

4	12,6	4,2	17,52	6,3
3	8,4	4,2	11,22	6,18
2	4,2	4,2	5,04	4,35
1	0	3,5	0,70	0,70
Basement	-3,5	0	0	0

Arah X			
Lantai	**δx**	**δa**	**Keterangan**
	(mm)	**(mm)**	
Atap	3,56	30,5	**AMAN**
Attic	8,22	42	**AMAN**
8	12,22	42	**AMAN**
7	15,88	42	**AMAN**
6	19,02	42	**AMAN**
5	21,51	42	**AMAN**
4	23,1	42	**AMAN**
3	22,64	42	**AMAN**
2	15,94	42	**AMAN**
1	2,55	35	**AMAN**
Basement	0	0	**AMAN**

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah Y

Tabel 6. 5 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Arah Y				
Lantai	**Elevasi**	**Tinggi Antar Tingkat**	**δe**	**δxe**
	(m)	**(m)**	**(mm)**	**(mm)**
Atap	36,65	3,05	43,36	1,559
Attic	33,6	4,2	41,8	3,206
8	29,4	4,2	38,59	4,145
7	25,2	4,2	34,45	4,959
6	21	4,2	29,49	5,625
5	16,8	4,2	23,86	6,071
4	12,6	4,2	17,79	6,24
3	8,4	4,2	11,55	5,895
2	4,2	4,2	5,657	4,392
1	0	3,5	1,266	1,266
Basement	-3,5	0	0	0

Arah Y			
Lantai	**δx**	**δa**	**Keterangan**
	(mm)	**(mm)**	
Atap	5,716	30,5	**AMAN**
Attic	11,76	42	**AMAN**
8	15,2	42	**AMAN**
7	18,18	42	**AMAN**
6	20,62	42	**AMAN**
5	22,26	42	**AMAN**
4	22,88	42	**AMAN**
3	21,61	42	**AMAN**
2	16,1	42	**AMAN**
1	4,642	35	**AMAN**
Basement	0	0	**AMAN**

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB VII

PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER

7.1. Perhitungan Struktur Pelat Lantai

Pada perhitungan pelat ini akan diambil contoh pelat lantai 2 tipe P1 pada elevasi +4,20.

7.1.1. Data perencanaan pada pelat lantai

Mutu beton (fc') = 35 MPa

Mutu baja (fy) = 410 MPa

Diameter tulangan lentur (Øl) = 10 mm

Diameter tulangan susut (Øs) = 10 mm

Tebal pelat (t) = 120 mm

Tebal selimut beton (ts) = 20 mm

Balok atas = 500 / 700 mm

Balok kiri = 500 / 700 mm

Balok bawah = 350 / 500 mm

Balok kanan = 350 / 500 mm

Bentang pelat sumbu panjang (Ly) = 4.000 mm

Bentang pelat sumbu pendek (Lx) = 4.000 mm

Bentang panjang bersih (Ln) = 3.575 mm

$$Ln = Ly - \frac{b}{2} - \frac{b}{2}$$

$$Ln = 4.000 - \frac{500}{2} - \frac{350}{2}$$

$$Ln = 3.575\ mm$$

Bentang pendek bersih (Sn) = 3.575

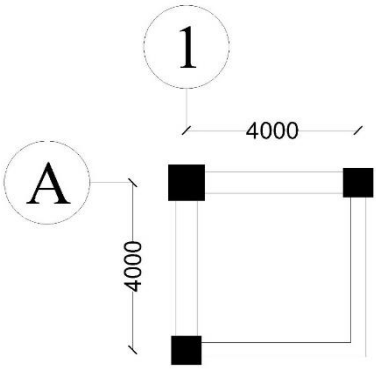
$$Sn = Lx - \frac{b}{2} - \frac{b}{2}$$

$$Sn = 4.000 - \frac{500}{2} - \frac{350}{2}$$

$$Sn = 3.575\ mm$$

β1 = 0,8
(SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3)

Ø = 0,9



Gambar 7. 1 Detail Pelat Lantai

7.1.2. Beban pada pelat

- Beban mati :
  - Berat sendiri pelat = 2400 kg/m^3 x 120 mm
    = 288 kg/m^2
  - Spesi keramik = 21 kg/m^2/cm x 1 cm
    = 21 kg/m^2
  - Keramik = 18 kg/m^2

- Ducting mechanichal =19 kg/m^2
- Plafond = 5 kg/m^2 +

qD = 351 kg/m^2

- Beban hidup :
  - Ruang operasi = 287 kg/m^2 +

qL = 287 kg/m^2

- Beban ultimate :

$qU = 1{,}2 \cdot qD + 1{,}6 \cdot qL$

$qU = 1{,}2 \cdot 351 + 1{,}6 \cdot 287$

$qU = 880\ kg/m^2$

7.1.3. Perhitungan momen-momen pelat lantai

- Tipe pelat (β)

$\beta = \frac{Ln}{Sn}$

$\beta = \frac{3.575}{3.575}$

$\beta = 1 < 2$ (Pelat dua arah)

Dengan menghitung momen pelat lantai menggunakan bantuan tabel koefisien momen :

- $Mlx = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mlx = 0{,}001 \cdot 880 \cdot 4^2 \cdot 21$

  $Mlx = 295{,}8\ kg.m$

- $Mly = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mly = 0{,}001 \cdot 880 \cdot 4^2 \cdot 21$

  $Mly = 295{,}8\ kg.m$

- $Mtx = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mtx = 0{,}001 \cdot 880 \cdot 4^2 \cdot 52$

$Mtx = 732{,}5\ kg.m$

- $Mty = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mty = 0{,}001 \cdot 880 \cdot 4^2 \cdot 52$

  $Mty = 732{,}5\ kg.m$

Dari perhitungan momen pelat diatas dapat direkapitulasi pada tabel 7.1

Tabel 7. 1 Tabel Hasil Momen dengan Tabel Koefisien Momen dan dari Hasil SAP 2000

No	**Keterangan**	**Momen**	
		Tabel Koefisien	**SAP**
		(kg.m)	**(kg.m)**
1	Lapangan X	295,8	255,9
2	Lapangan Y	295,8	234,7
3	Tumpuan X	732,5	268,7
4	Tumpuan Y	732,5	251,4

Dari hasil perhitungan momen dengan tabel koefisien momen dan hasil *SAP 2000* dapat diambil momen yang terbesar yaitu momen dari tabel koefisien momen.

7.1.4. Perhitungan tulangan pelat lantai

$$d_x = t - t_s - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$

$$d_x = 120 - 20 - \frac{10}{2}$$

$$d_x = 95\ mm$$

$$d_y = t - t_s - \emptyset_{tul\ utama} - \frac{\emptyset_{tul\ susut}}{2}$$

$$d_y = 120 - 20 - 10 - \frac{10}{2}$$

$$d_y = 85\ mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$

$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho b = 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}026$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$

$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$

$$m = 13{,}78$$

7.1.4.1. Penulangan lapangan

- **Arah X**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen lapangan arah X (Mlx) adalah 2.958.144 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{2.958.144}{0{,}9}$$

$$Mn = 3.286.826{,}67\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{3.286.826{,}67}{1.000 \cdot 95^2}$$

$$Rn = 0{,}36\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}36}{410}}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0{,}00089$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,00089	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}00089$

$\rho_{\ pakai} = 0{,}001$

Maka dipakai nilai ρ = 0,001

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$

$As_{perlu} = 0{,}001 \cdot 1.000 \cdot 95$

$As_{perlu} = 110{,}4\ mm^2$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 95}{410}$$

$As_{min} = 324{,}4\ mm^2$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 324,4 mm^2

- Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$S_{maks} = 2 \cdot t$

$S_{maks} = 2 \cdot 120$

$S_{maks} = 240$

Dipakai tulangan diameter 10 mm

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{324{,}4}$$

$S = 242{,}1\ mm$ → S pakai adalah 150 mm

Tulangan pakai D10-150

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{150}$$

$$As_{pasang} = 523{,}6\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
523,6 mm^2	>	324,4 mm^2	***(OK)***

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser

  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.3.3 nilai Vu adalah :

  $$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$

  $$V_u = \frac{8.804 \cdot 3.575}{2}$$

  $$V_u = 15.737\ N$$

  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :

  $$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

  Dengan :

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

  $$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

  $$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 95$$

  $$V_c = 95.545\ N$$

$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 95.545$
$\emptyset \cdot V_c = 85.990\ N$

$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
85.990 N	>	15.737 N	***(OK)***

- **Arah Y**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen lapangan arah Y (Mly) adalah 2.958.144 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{2.958.144}{0{,}9}$$

$$Mn = 3.286.826{,}67\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{3.286.826{,}67}{1.000 \cdot 85^2}$$

$$Rn = 0{,}455\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}455}{410}})$$

$$\rho_{perlu} = 0{,}0011$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,0011	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}0011$

$\rho_{\ pakai} = 0{,}001$

Maka dipakai nilai ρ = 0,001

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$

$As_{perlu} = 0{,}001 \cdot 1.000 \cdot 85$

$As_{perlu} = 123{,}6\ mm^2$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 85}{410}$$

$As_{min} = 290{,}2\ mm^2$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As =290,2 mm^2

- Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$S_{maks} = 2 \cdot t$

$S_{maks} = 2 \cdot 120$

$S_{maks} = 240$

Dipakai tulangan diameter 10 mm

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{290{,}2}$$

$S = 270{,}6\ mm$ → S pakai adalah 150 mm

Tulangan pakai D10-150

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{150}$$

$$As_{pasang} = 523{,}6\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
523,6 mm^2	>	290,2 mm^2	***(OK)***

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser

  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.3.3 nilai Vu adalah :

  $$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$

  $$V_u = \frac{8.804 \cdot 3.575}{2}$$

  $$V_u = 15.737\ N$$

  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :

  $$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_y$$

  Dengan :

  λ = 1 (beton normal) (SNI 2847:2013 pasal 8.6.1)

  $$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_y$$

  $$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 85$$

  $$V_c = 85.487\ N$$

$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 85.487$
$\emptyset \cdot V_c = 76.939\ N$

$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
76.939 N	>	15.737 N	***(OK)***

7.1.4.2. Penulangan tumpuan

- **Arah X**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen tumpuan arah X (Mtx) adalah 7.324.928 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{7.324.928}{0{,}9}$$

$$Mn = 8.138.808{,}89\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{8.138.808{,}89}{1.000 \cdot 95^2}$$

$$Rn = 0{,}902\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}902}{410}})$$

$$\rho_{perlu} = 0{,}0022$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min} < ρ_{perlu} < ρ_{max}

0,003 > 0,0022 < 0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$$
$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}0022$$
$$\rho_{\ pakai} = 0{,}003$$

Maka dipakai nilai ρ = 0,003

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}003 \cdot 1.000 \cdot 95$$
$$As_{perlu} = 275{,}9\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 95}{410}$$
$$As_{min} = 324{,}4\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 324,4 mm^2

- Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$S_{maks} = 2 \cdot t$$
$$S_{maks} = 2 \cdot 120$$
$$S_{maks} = 240$$

Dipakai tulangan diameter 10 mm

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{324{,}4}$$

$S = 242{,}1\ mm$ → S pakai adalah 150 mm

Tulangan pakai D10-150

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{150}$$

$$As_{pasang} = 523{,}6\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
523,6 mm^2	>	324,4 mm^2	***(OK)***

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser
  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.3.3 nilai Vu adalah :

$$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$

$$V_u = \frac{8.804 \cdot 3.575}{2}$$

$$V_u = 15.737\ N$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

Dengan :

λ = 1 (beton normal) (SNI 2847:2013 pasal 8.6.1)

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 95$
$V_c = 95.545\ N$

$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 95.545$
$\emptyset \cdot V_c = 85.990\ N$

$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
85.990 N	>	15.737 N	***(OK)***

- **Arah Y**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen tumpuan arah Y (Mty) adalah 7.324.928 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{7.324.928}{0{,}9}$$
$$Mn = 8.138.808{,}89\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{8.138.808{,}89}{1.000 \cdot 85^2}$$
$$Rn = 1{,}13\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right)$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 1{,}13}{410}}\right)$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}0028$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,0028	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$$
$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}0028$$
$$\rho_{\ pakai} = 0{,}004$$

Maka dipakai nilai ρ = 0,004

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}004 \cdot 1.000 \cdot 85$$
$$As_{perlu} = 309{,}6\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 85}{410}$$
$$As_{min} = 290{,}2\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As =309,6 mm^2

- Batas spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

$$S_{maks} = 2 \cdot t$$
$$S_{maks} = 2 \cdot 120$$
$$S_{maks} = 240$$

Dipakai tulangan diameter 10 mm

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{309{,}6}$$

$S = 253{,}7\ mm$ → S pakai adalah 150 mm

Tulangan pakai D10-150

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{150}$$

$$As_{pasang} = 523{,}6\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
523,6 mm^2	>	290,2 mm^2	***(OK)***

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser
  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.3.3 nilai Vu adalah :

$$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$

$$V_u = \frac{8.804 \cdot 3.575}{2}$$

$$V_u = 15.737\ N$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_y$$

Dengan :
λ = 1 (beton normal) (SNI 2847:2013 pasal 8.6.1)

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_y$$

$$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 85$$
$$V_c = 85.487\ N$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 85.487$$
$$\emptyset \cdot V_c = 76.939\ N$$

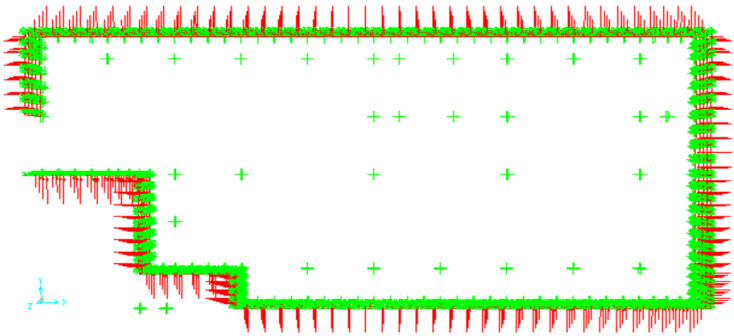
$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
76.939 N	>	15.737 N	***(OK)***

7.2. Perhitungan Struktur Pelat dan Dinding *Basement*

Perencanaan struktur pelat dan dinding *basement* menggunakan hasil analisis dari permodelan *SAP 2000*. Beban-beban tanah yang dimasukkan sesuai dengan yang sudah dibahas pada sub-bab 5.4. Beban ini terdiri dari beban tanah berupa tekanan dari luar basement dengan nilai :

- Pada h = 0 m → P = 2,34 kN/m^2
- Pada h = 3,5 m → P = 40,4 kN/m^2

Serta tekanan tanah pada bagian bawah pelat *basement* yang merupakan tekanan *uplift* dengan nilai 1000 kg/m^3 x 0,74 m = 740 kg/m^2.



Gambar 7. 2 Permodelan Tekanan Tanah Aktif pada Dinding *Basement*

7.2.1. Perhitungan struktur pelat *basement*

7.2.1.1. Data perencanaan pada pelat lantai *basement*

Mutu beton (fc') = 35 MPa
Mutu baja (fy) = 410 MPa
Diameter tulangan lentur (Øl) = 13 mm
Diameter tulangan susut (Øs) = 13 mm
Tebal pelat (t) = 300 mm
Tebal selimut beton (ts) = 30 mm
Balok atas = 500 / 700 mm
Balok kiri = 500 / 700 mm
Balok bawah = 350 / 500 mm
Balok kanan = 350 / 500 mm
Bentang pelat sumbu panjang (Ly) = 4.000 mm
Bentang pelat sumbu pendek (Lx) = 4.000 mm
Bentang panjang bersih (Ln) = 3.575 mm

$$Ln = Ly - \frac{b}{2} - \frac{b}{2}$$

$$Ln = 4.000 - \frac{500}{2} - \frac{350}{2}$$

$$Ln = 3.575\ mm$$

Bentang pendek bersih (Sn) = 3.575

$$Sn = Lx - \frac{b}{2} - \frac{b}{2}$$

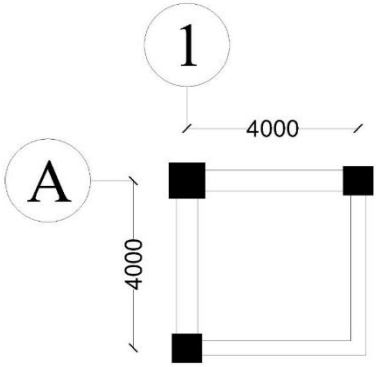
$$Sn = 4.000 - \frac{500}{2} - \frac{350}{2}$$

$$Sn = 3.575\ mm$$

β1 = 0,8

(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

Ø = 0,9



Gambar 7. 3 Detail Pelat Lantai *Basement*

7.2.1.2. Pembebanan pada pelat *basement*

- Beban mati :
  - Berat sendiri pelat = 2400 kg/m^3 x 300 mm
    = 720 kg/m^2 +
    qD = 720 kg/m^2

- Beban hidup :
  - Ruang parkir = 192 kg/m^2
  - Tekanan *uplift* = 1000 kg/m^3 x 740 mm
    = 740 kg/m^2 +
    qL = 932 kg/m^2

- Beban ultimate :

$$qU = 1{,}2 \cdot qD + 1{,}6 \cdot qL$$
$$qU = 1{,}2 \cdot 720 + 1{,}6 \cdot 932$$
$$qU = 2.355\ kg/m^2$$

7.2.1.3. Perhitungan momen-momen pelat lantai

- Tipe pelat (β)

$$\beta = \frac{Ln}{Sn}$$

$\beta = \frac{3.575}{3.575}$
$\beta = 1 < 2$ (Pelat dua arah)

Dengan menghitung momen pelat lantai menggunakan bantuan tabel koefisien momen :

- $Mlx = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mlx = 0{,}001 \cdot 2.355 \cdot 4^2 \cdot 21$

  $Mlx = 791\ kg.m$

- $Mly = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mly = 0{,}001 \cdot 2.355 \cdot 4^2 \cdot 21$

  $Mly = 791\ kg.m$

- $Mtx = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mtx = 0{,}001 \cdot 2.355 \cdot 4^2 \cdot 52$

  $Mtx = 1.860\ kg.m$

- $Mty = 0{,}001 \cdot qU \cdot Lx^2 \cdot X$

  $Mty = 0{,}001 \cdot 2.355 \cdot 4^2 \cdot 52$

  $Mty = 1.860\ kg.m$

Dari perhitungan momen pelat diatas dapat direkapitulasi pada tabel 7.2

Tabel 7. 2 Tabel Hasil Momen dengan Tabel Koefisien Momen

No	Keterangan	Momen (kg.m)
1	Lapangan X	295,8
2	Lapangan Y	295,8
3	Tumpuan X	732,5
4	Tumpuan Y	732,5

7.2.1.4. Perhitungan penulangan pelat lantai *basement*

$$d_x = t - t_s - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$
$$d_x = 300 - 30 - \frac{13}{2}$$
$$d_x = 263{,}5\ mm$$

$$d_y = t - t_s - \emptyset_{tul\ utama} - \frac{\emptyset_{tul\ susut}}{2}$$
$$d_y = 300 - 30 - 13 - \frac{13}{2}$$
$$d_y = 250{,}5\ mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$$
$$\rho_{maks} = 0{,}026$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

7.2.1.4.1. Penulangan lapangan

- **Arah X**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen lapangan arah X (Mlx) adalah 7.913.472 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{7.913.472}{0{,}9}$$
$$Mn = 8.792.746{,}67\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2}$$
$$Rn = \frac{8.792.746{,}67}{1.000 \cdot 263{,}5^2}$$
$$Rn = 0{,}13\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}13}{410}})$$

$$\rho_{perlu} = 0{,}00031$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,00031	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$$

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}00031$$

$$\rho_{\ pakai} = 0{,}0004$$

Maka dipakai nilai ρ = 0,0004

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot dx$$

$$As_{perlu} = 0{,}0004 \cdot 1.000 \cdot 263{,}5$$

$$As_{perlu} = 106\ mm^2$$

- Kontrol tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot dx}{fy}$$

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 263{,}5}{410}$$

$$As_{min} = 899{,}8\ mm^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 899,8 mm^2

- Kontrol syarat jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

  $S_{maks} = 2 \cdot t$

  $S_{maks} = 2 \cdot 300$

  $S_{maks} = 600$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{899{,}8}$$

  $S = 147{,}5\ mm$ → S pakai adalah 120 mm

  Tulangan pakai D13-120

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{120}$$

  $As_{pasang} = 1.106\ mm^2$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
1.106 mm^2	>	899,8 mm^2	***(OK)***

- Kontrol retak jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

  $$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

Dimana,

fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

$$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

$$fs = 273{,}3\ MPa$$

$$Cc = t_s$$

$$Cc = 30\ mm$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 30$$

$$s = 314{,}3\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$

$s = 307{,}3\ mm$

Jarak antar tulangan = 120 mm (tidak melebihi 314,3 mm dan 307,3 mm, OK)

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.3.3, nilai Vu adalah :

$$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$

$$V_u = \frac{23.552 \cdot 3.575}{2}$$

$$V_u = 42.099{,}2\ N$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

Dengan :
λ = 1 (beton normal) (SNI 2847:2013 ps. 8.6.1)

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

$$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 263{,}5$$

$$V_c = 265.010{,}79\ N$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 265.010{,}79$$

$$\emptyset \cdot V_c = 238.509{,}71\ N$$

$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
238.509,71 N	>	42.099,2 N	***(OK)***

- **Arah Y**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen lapangan arah Y (Mly) adalah 7.913.472 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{7.913.472}{0,9}$$
$$Mn = 8.792.746,67\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dy^2}$$
$$Rn = \frac{8.792.746,67}{1.000 \cdot 250,5^2}$$
$$Rn = 0,14\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,78 \cdot 0,14}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0,0003$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,0003	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1,3 \cdot \rho_{\ perlu}$$

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}0003$
$\rho_{\ pakai} = 0{,}00045$

Maka dipakai nilai ρ = 0,00045

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot dy$
$As_{perlu} = 0{,}0004 \cdot 1.000 \cdot 263{,}5$
$As_{perlu} = 106\ mm^2$

- Kontrol tulangan minimum :
  $As_{min} = \dfrac{1{,}4 \cdot bw \cdot dy}{fy}$
  $As_{min} = \dfrac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 250{,}5}{410}$
  $As_{min} = 855{,}4\ mm^2$
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 855,4 mm^2

- Kontrol syarat jarak tulangan
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.
  $S_{maks} = 2 \cdot t$
  $S_{maks} = 2 \cdot 300$
  $S_{maks} = 600$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm
  $S = \dfrac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$
  $S = \dfrac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{855{,}4}$
  $S = 155{,}2\ mm$ → S pakai adalah 150 mm

Tulangan pakai D13-150

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{150}$$

$$As_{pasang} = 884{,}9\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
884,9 mm^2	>	855 mm^2	***(OK)***

- Kontrol retak jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

  $$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

  Dimana,

  fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

  Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

  $$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

  $$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

  $$fs = 273{,}3\ MPa$$

  $$Cc = t_s$$

$Cc = 30\ mm$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 30$$

$$s = 314{,}3\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$

$$s = 307{,}3\ mm$$

Jarak antar tulangan = 150 mm (tidak melebihi 314,4 mm dan 307,3 mm, OK)

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.3.3, nilai Vu adalah :

  $$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$

  $$V_u = \frac{23.552 \cdot 3.575}{2}$$

  $$V_u = 42.099{,}2\ N$$

  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot dy$$

Dengan :
λ = 1 (beton normal) (SNI 2847:2013 ps. 8.6.1)

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

$$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 250{,}5$$
$$V_c = 251.936{,}26\ N$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 251.936{,}26$$
$$\emptyset \cdot V_c = 226.742{,}63\ N$$

$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
226.742,63 N	>	42.099,2 N	***(OK)***

7.2.1.4.2. Penulangan tumpuan

- **Arah X**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen tumpuan arah X (Mtx) adalah 19.595.264 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{19.595.264}{0{,}9}$$
$$Mn = 21.772.515{,}6\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2}$$
$$Rn = \frac{21.772.515{,}6}{1.000 \cdot 263{,}5^2}$$
$$Rn = 0{,}314\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}314}{410}})$$

$$\rho_{perlu} = 0{,}0008$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,0008	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$$

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}0008$$

$$\rho_{\ pakai} = 0{,}001$$

Maka dipakai nilai ρ = 0,001

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot dx$$

$$As_{perlu} = 0{,}001 \cdot 1.000 \cdot 263{,}5$$

$$As_{perlu} = 263{,}4\ mm^2$$

- Kontrol tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot dx}{fy}$$

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 263{,}5}{410}$$

$$As_{min} = 899{,}8\ mm^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 899,8 mm^2

- Kontrol syarat jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

  $S_{maks} = 2 \cdot t$

  $S_{maks} = 2 \cdot 300$

  $S_{maks} = 600$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{899{,}8}$$

  $S = 147{,}5\ mm$ → S pakai adalah 120 mm

  Tulangan pakai D13-120

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{120}$$

  $As_{pasang} = 1.106\ mm^2$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
1.106 mm^2	>	899,8 mm^2	***(OK)***

- Kontrol retak jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

  $$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

Dimana,

fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

$$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

$$fs = 273{,}3\ MPa$$

$$Cc = t_s$$

$$Cc = 30\ mm$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 30$$

$$s = 314{,}3\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$

$s = 307{,}3\ mm$

Jarak antar tulangan = 120 mm (tidak melebihi 314,3 mm dan 307,3 mm, OK)

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.3.3, nilai Vu adalah :

$$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$

$$V_u = \frac{23.552 \cdot 3.575}{2}$$

$$V_u = 42.099{,}2\ N$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

Dengan :
λ = 1 (beton normal) (SNI 2847:2013 ps. 8.6.1)

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_x$$

$$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 263{,}5$$

$$V_c = 265.010{,}79\ N$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 265.010{,}79$$

$$\emptyset \cdot V_c = 238.509{,}71\ N$$

$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
$238.509{,}71\ N$	>	42.099,2 N	***(OK)***

- **Arah Y**

Dari momen yang didapat dari hasil perhitungan tabel koefisien momen didapat momen tumpuan arah Y (Mty) adalah 19.595.264 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{19.595.264}{0,9}$$

$$Mn = 21.772.515,6\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dy^2}$$

$$Rn = \frac{21.772.515,6}{1.000 \cdot 250,5^2}$$

$$Rn = 0,35\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,78 \cdot 0,35}{410}})$$

$$\rho_{perlu} = 0,0009$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,0009	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1,3 \cdot \rho_{\ perlu}$$

$$\rho_{\ pakai} = 1,3 \cdot 0,0009$$

$\rho_{\ pakai} = 0{,}0011$

Maka dipakai nilai ρ = 0,0011

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot dy$
$As_{perlu} = 0{,}0011 \cdot 1.000 \cdot 250{,}5$
$As_{perlu} = 277{,}2\ mm^2$

- Kontrol tulangan minimum :
  $As_{min} = \dfrac{1{,}4 \cdot bw \cdot dy}{fy}$
  $As_{min} = \dfrac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 250{,}5}{410}$
  $As_{min} = 855{,}4\ mm^2$
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 855,4 mm^2

- Kontrol syarat jarak tulangan
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.
  $S_{maks} = 2 \cdot t$
  $S_{maks} = 2 \cdot 300$
  $S_{maks} = 600$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm
  $S = \dfrac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$
  $S = \dfrac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{855{,}4}$
  $S = 155{,}2\ mm$ → S pakai adalah 150 mm

  Tulangan pakai D13-150

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{150}$$

$$As_{pasang} = 884{,}9\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
884,9 mm^2	>	855,4 mm^2	***(OK)***

- Kontrol retak jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

  $$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

  Dimana,

  fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

  Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

  $$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

  $$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

  $$fs = 273{,}3\ MPa$$

  $$Cc = t_s$$

  $$Cc = 30\ mm$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 30$$

$$s = 314{,}3\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$

$$s = 307{,}3\ mm$$

Jarak antar tulangan = 150 mm (tidak melebihi 314,3 mm dan 307,3 mm, OK)

- Kontrol ketebalan pelat terhadap geser
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.3.3, nilai Vu adalah :
  $$V_u = \frac{q_u \cdot Ln}{2}$$
  $$V_u = \frac{23.552 \cdot 3.575}{2}$$
  $$V_u = 42.099{,}2\ N$$
  Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 nilai Vc adalah :
  $$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_y$$

  Dengan :
  λ = 1 (beton normal) (SNI 2847:2013 ps. 8.6.1)

$$V_c = 0{,}17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d_y$$

$$V_c = 0{,}17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.000 \cdot 250{,}5$$
$$V_c = 251.936{,}26\ N$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0{,}9 \cdot 251.936{,}26$$
$$\emptyset \cdot V_c = 226.742{,}63\ N$$

$\emptyset \cdot V_c$	>	Vu	
$226.742{,}63\ N$	>	42.099,2 N	***(OK)***

7.2.1.5. Perhitungan penulangan susut

- Kontrol tulangan susut

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, luasan tulangan susut menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tuangan terhadap luas bruto penampang beton tidak boleh kurang dari ρ_{perlu} = 0,0014 dan slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 420 MPa maka ρ_{perlu} = 0,0018

  $$As_{susut} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot t_{pelat}$$
  $$As_{susut} = 0{,}0018 \cdot 1.000 \cdot 300$$
  $$As_{susut} = 540\ mm^2$$

- Kontrol syarat jarak tulangan

  $s \leq 5 \cdot h$ atau $s_{maks} \leq 450\ mm$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$
  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{540}$$

$S = 246\ mm$ → S pakai adalah 200 mm

Kontrol syarat jarak tulangan

$s = 5 \cdot h$

$s = 5 \cdot 300$

$s = 1.500\ mm$

200 mm	<	1.500 mm	***(OK)***
200 mm	<	450 mm	***(OK)***

Tulangan pakai D13-200

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{200}$$

$$As_{pasang} = 664\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
664 mm^2	>	540 mm^2	***(OK)***

7.2.2. Perhitungan struktur dinding *basement*

7.2.2.1. Data perencanaan pada dinding *basement*

Mutu beton (fc') = 35 MPa

Mutu baja (fy) = 410 MPa

Diameter tulangan lentur (Øl) = 13 mm

Diameter tulangan susut (Øs) = 13 mm

Tebal dinding (t) = 300 mm

Tebal selimut beton (ts) = 30 mm

β1 = 0,8

(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

Ø = 0,9

Faktor reduksi kuat geser = 0,75

(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

Tinggi efektif balok (d) = 263,5 mm

$$d = t - t_s - \frac{\emptyset_{tul\ lentur}}{2}$$

$$d = 300 - 30 - \frac{13}{2}$$

$$d = 263{,}5\ mm$$

7.2.2.2. Hasil output *SAP 2000*

Setelah dilakukan analisa menggunakan *SAP 2000*, didapatkan hasil output yang digunakan untuk menghitung penulangan dinding *basement*. Hasil output *SAP 2000* diambil dari beban kombinasi yaitu 1,2D + 1,6H. Berikut adalah hasil output dari *SAP 2000 :*

Mu- maksimum = 11,1 kN.m

Mu+ maksimum = 8,79 kN.m

7.2.2.3. Syarat tebal dinding *basement*

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.2, tebal dinding *basement* eksterior dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

t	>	t min	
300 mm	>	190 mm	***(OK)***

7.2.2.4. Perhitungan penulangan lentur

- **Momen lentur negatif**

Mu = 11,1 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{11.111.000}{0{,}9}$$

$$Mn = 12.345.555{,}56\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{97.994.777,78}{1000 \cdot 263,5^2}$$
$$Rn = 0,18\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}18}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}0004$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0004	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$$
$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}0004$$
$$\rho_{\ pakai} = 0{,}0006$$

Maka dipakai nilai ρ = 0,0006

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}0006 \cdot 1000 \cdot 263{,}5$$
$$As_{perlu} = 149\ mm^2$$

- Kontrol tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1000 \cdot 263{,}5}{410}$$
  $$As_{min} = 899{,}8\ mm^2$$

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 899,8 mm^2

- Kontrol syarat jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal dinding.

  $S_{maks} = 2 \cdot t$

  $S_{maks} = 2 \cdot 300$

  $S_{maks} = 600$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{899{,}8}$$

  $S = 147{,}5\ mm$ → S pakai adalah 120 mm

  Tulangan pakai D13-120

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{120}$$

  $As_{pasang} = 1.106\ mm^2$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
1.106 mm^2	>	899,8 mm^2	***(OK)***

- Kontrol retak jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

  $$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

Dimana,

fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

$$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

$$fs = 273{,}3\ MPa$$

$$Cc = t_s$$

$$Cc = 30\ mm$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 30$$

$$s = 314{,}3\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$

$s = 307{,}3\ mm$

Jarak antar tulangan = 120 mm (tidak melebihi 314,3 mm dan 307,3 mm, OK)

- Kontrol rasio tulangan
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.3.3, rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas beton bruto, ρt, harus lebih besar dari 0,0025.

$$\frac{As}{bw \cdot d} = \frac{1.106}{1000 \cdot 263{,}5}$$
$$\frac{As}{bw \cdot d} = 0{,}004 > 0{,}0025 \qquad (\boldsymbol{OK})$$

- **Momen lentur positif**
  Mu = 8,79 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{8.788.700}{0{,}9}$$
$$Mn = 9.765.222{,}22\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$

$\rho b = 0{,}034$

$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$
$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$
$\rho_{maks} = 0{,}026$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{9.765.222{,}22}{1000 \cdot 263{,}5^2}$$
$$Rn = 0{,}14\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right)$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}14}{410}}\right)$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}00034$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,00034	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}00034$
$\rho_{\ pakai} = 0{,}0004$

Maka dipakai nilai ρ = 0,0004

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$
$As_{perlu} = 0{,}0004 \cdot 1000 \cdot 263{,}5$
$As_{perlu} = 117{,}8\ mm^2$

- Kontrol tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1000 \cdot 263{,}5}{410}$$
  $$As_{min} = 899{,}8\ mm^2$$

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 899,8 mm^2

- Kontrol syarat jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal dinding.

  $S_{maks} = 2 \cdot t$
  $S_{maks} = 2 \cdot 300$
  $S_{maks} = 600$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$
  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{899{,}8}$$
  $S = 147{,}5\ mm$ → S pakai adalah 120 mm

Tulangan pakai D13-120

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{120}$$

$$As_{pasang} = 1.106\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
1.106 mm^2	>	899,8 mm^2	***(OK)***

- Kontrol retak jarak tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

  $$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

  Dimana,

  fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

  Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

  $$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

  $$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

  $$fs = 273{,}3\ MPa$$

$$Cc = t_s$$

$$Cc = 30\ mm$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 30$$

$$s = 314{,}3\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$

$$s = 307{,}3\ mm$$

Jarak antar tulangan = 120 mm (tidak melebihi 314,3 mm dan 307,3 mm, OK)

- Kontrol rasio tulangan
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.3.3, rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas beton bruto, ρt, harus lebih besar dari 0,0025.

$$\frac{As}{bw \cdot d} = \frac{1.106}{1000 \cdot 263{,}5}$$

$$\frac{As}{bw \cdot d} = 0{,}004 > 0{,}0025 \qquad (\boldsymbol{OK})$$

7.2.2.5. Perhitungan penulangan susut

- Kontrol tulangan susut

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, luasan tulangan susut menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tuangan terhadap luas bruto penampang beton tidak boleh kurang dari ρ_{perlu} = 0,0014 dan slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 420 MPa maka ρ_{perlu} = 0,0018

  $$As_{susut} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot t_{pelat}$$
  $$As_{susut} = 0{,}0018 \cdot 1.000 \cdot 300$$
  $$As_{susut} = 540\ mm^2$$

- Kontrol syarat jarak tulangan

  $s \leq 5 \cdot h$ atau $s_{maks} \leq 450\ mm$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$
  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{540}$$

  $S = 246\ mm$ → S pakai adalah 200 mm

  Kontrol syarat jarak tulangan

  $$s = 5 \cdot h$$
  $$s = 5 \cdot 300$$
  $$s = 1.500\ mm$$

200 mm	<	1.500 mm	***(OK)***
200 mm	<	450 mm	***(OK)***

  Tulangan pakai D13-200

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{200}$$
$$As_{pasang} = 664\ mm^2$$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
664 mm^2	>	540 mm^2	***(OK)***

- Kontrol rasio tulangan
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.3.3, rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas beton bruto, ρt, harus lebih besar dari 0,0025.
  $$\frac{As}{bw \cdot d} = \frac{663{,}66}{1000 \cdot 263{,}5}$$
  $$\frac{As}{bw \cdot d} = 0{,}003 > 0{,}0025 \qquad (\boldsymbol{OK})$$

7.3. Perhitungan Struktur Tangga

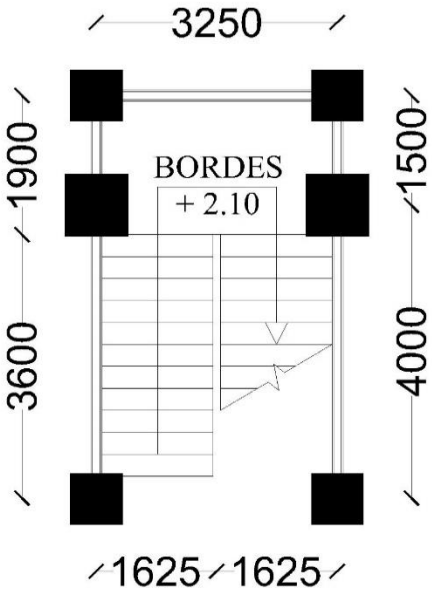
Evaluasi struktur tangga meliputi evaluasi terhadap penampang pelat tangga, pelat bordes dan balok bordes. Sebagai contoh perhitungan akan ditinjau tangga yang menghubungkan antara lantai 1 dan lantai 2.

7.3.1. Data perencanaan

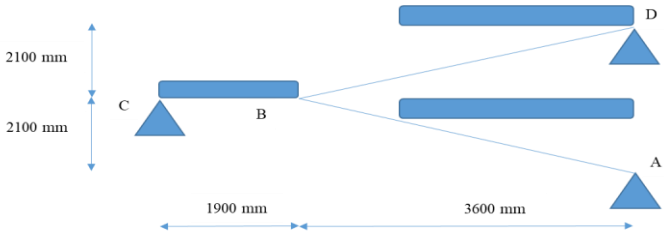
Mutu beton (fc')	= 35 MPa
Mutu baja (fy)	= 410 MPa
Tebal pelat (h)	= 150 mm
Tebal selimut beton (ts)	= 20 mm
Lebar injakan (i)	= 300 mm
Tinggi tanjakan (t)	= 175 mm
Lebar tangga	= 1,625 m
Diameter tulangan lentur (Øl)	= 13 mm
Diameter tulangan susut (Øs)	= 10 mm
β1	= 0,8

(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

Ø = 0,9



Gambar 7. 4 Denah Tangga



Gambar 7. 5 Detail Tangga

7.3.2. Pembebanan struktur pelat tangga dan pelat bordes

Pelat tangga dan pelat bordes pada umumnya menerima beban yang sama, yaitu kombinas beban ultimate dari beban mati dan beban hidup.

Pelat tangga

- Beban mati :
  - $Berat\ sendiri = \frac{tebal\ efektif\ pelat}{\cos \alpha} \cdot \gamma\ beton \cdot Lebar\ tangga$

    $Berat\ sendiri = \frac{0{,}23}{0{,}86} \cdot 2400 \cdot 1{,}625$

    $Berat\ sendiri = 1.038{,}5\ kg/m$

  - $Beban\ spesi\ dan\ keramik = (Beban\ spesi + Beban\ keramik) \cdot Lebar\ tangga$

    $Beban\ spesi\ \&\ keramik = (21 + 18) \cdot 1{,}625$

    $Beban\ spesi\ \&\ keramik = 63{,}38\ kg/m$

  $q_{DL} = Berat\ sendiri + Beban\ spesi\ dan\ keramik$

  $q_{DL} = 1.038{,}5 + 63{,}38$

  $q_{DL} = 1.101{,}8\ kg/m$

- Beban hidup
  - Beban hidup lantai tangga = 479 kg/m^2

  $q_{LL} = Beban\ hidup\ lantai\ tangga \cdot Lebar\ tangga$

  $q_{LL} = 479 \cdot 1{,}625$

  $q_{LL} = 778{,}38\ kg/m$

– Beban ultimate

  $Qu = 1{,}4\ D + 1{,}6\ L$

$Qu = 1{,}4 \cdot 1.101{,}8 + 1{,}6 \cdot 778{,}38$

$Qu = 2.788\ kg/m$

Pelat bordes

- Beban mati :
  - $Berat\ sendiri = tebal\ pelat \cdot \gamma\ beton \cdot Lebar\ bordes$

    $Berat\ sendiri = 0{,}15 \cdot 2400 \cdot 3{,}25$

    $Berat\ sendiri = 1.170\ kg/m$

  - $Beban\ spesi\ dan\ keramik = (Beban\ spesi + Beban\ keramik) \cdot Lebar\ bordes$

    $Beban\ spesi\ \&\ keramik = (21 + 18) \cdot 3{,}25$

    $Beban\ spesi\ \&\ keramik = 126{,}8\ kg/m$

  $q_{DL} = Berat\ sendiri + Beban\ spesi\ dan\ keramik$

  $q_{DL} = 1.170 + 126{,}8$

  $q_{DL} = 1.296{,}8\ kg/m$

- Beban hidup
  - Beban hidup lantai tangga = 479 kg/m^2

  $q_{LL} = Beban\ hidup\ lantai\ tangga \cdot Lebar\ bordes$

  $q_{LL} = 479 \cdot 3{,}25$

  $q_{LL} = 1.556{,}8\ kg/m$

– Beban ultimate

  $Qu = 1{,}4\ D + 1{,}6\ L$

  $Qu = 1{,}4 \cdot 1.296{,}8 + 1{,}6 \cdot 1.556{,}8$

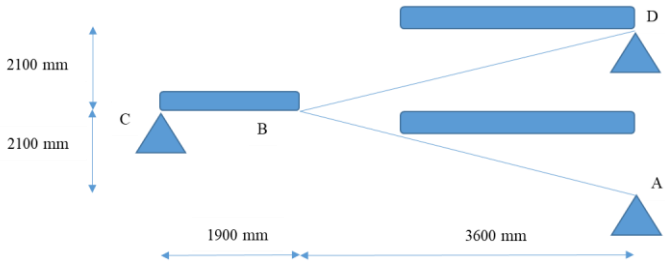
  $Qu = 4.306{,}3\ kg/m$

7.3.3. Analisis struktur pelat tangga dan pelat bordes

Dalam analisis struktur melalui ilmu mekanika, tangga akan diasumsikan sebagai frame 2 dimensi, yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya-gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tak tentu.

Tangga dalam perencanaan gedung medik ini akan dimodelkan sebagai frame statis tak tentu dengan metode cross dan dengan kondisi perletakan berupa sendi yang diletakkan sebagai ujung dari tangga, dalam kondisi nyata umumnya berupa balok.

Mekanika tangga metode cross



Gambar 7. 6 Detail Tangga Metode Cross

- Mencari panjang miring tangga

$$Panjang\ AB = Panjang\ BD$$
$$Panjang\ AB = \sqrt{3{,}6^2 + 2{,}1^2}$$
$$Panjang\ AB = 4{,}17\ m$$

- Faktor kekakuan

$$\mu BA : \mu BC : \mu BD = \frac{3EI}{L} : \frac{3EI}{L} : \frac{3EI}{L}$$
$$\mu BA : \mu BC : \mu BD = \frac{3EI}{4{,}17} : \frac{3EI}{1{,}9} : \frac{3EI}{4{,}17}$$
$$\mu BA : \mu BC : \mu BD = 0{,}72\ EI : 1{,}58\ EI : 0{,}72\ EI$$

$\mu BA = \mu BD$

$$\mu BA = \frac{0{,}72\ EI}{0{,}72EI + 1{,}58EI + 0{,}72EI}$$

$$\mu BA = \frac{0{,}72}{0{,}72 + 1{,}58 + 0{,}72}$$

$\mu BA = 0{,}24$

$$\mu BC = \frac{1{,}58\ EI}{0{,}72EI + 1{,}58EI + 0{,}72EI}$$

$$\mu BC = \frac{1{,}58}{0{,}72 + 1{,}58 + 0{,}72}$$

$\mu BC = 0{,}52$

Kontrol :

$\mu BA + \mu BC + \mu BD = 1$

$0{,}24 + 0{,}52 + 0{,}24 = 1$ ***(OK)***

- Momen primer

$MF\ BA = MF\ BD$

$MF\ BA = {}^{1}/_{8} \cdot Qu \cdot L^2$

$MF\ BA = {}^{1}/_{8} \cdot 2.788 \cdot 4{,}17^2$

$MF\ BA = 6.053\ kg.m$

$MF\ BC = {}^{1}/_{8} \cdot Qu \cdot L^2$

$MF\ BC = {}^{1}/_{8} \cdot 4.306{,}3 \cdot 1{,}9^2$

$MF\ BC = 1.943\ kg.m$

Tabel 7. 3 Tabel Metode Cross Tangga

Tabel Cross			
Titik Bentang	**B**		
Batang	**BC**	**BA**	**BD**
Angka kekauan (K)	1,58	0,72	0,72
Faktor distribusi (FD)	-0,52	-0,24	-0,24
Momen primair (MF) *(kg.m)*	1.943	-6.053	-6.053
Momen distribusi (MD) *(kg.m)*	5.316	2.424	2.424
Momen induksi (MI) *(kg.m)*	0	0	0
Momen distribusi (MD) *(kg.m)*	0	0	0
Momen Akhir *(kg.m)*	7.260	-3.630	-3.630
Gambar Momen			

- Kontrol momen akhir pada tabel cross

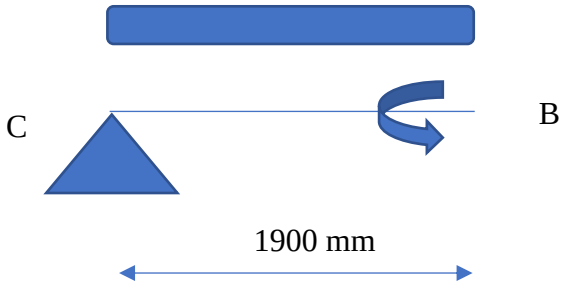
$$\sum M = 0$$

$$0 = 7.260 - 3.630 - 3.630$$

$$0 = 0$$ ***(OK)***

- Gaya batang

<u>Batang BC</u>



$\sum MB = 0$ dimisalkan VC ↑

$VC \cdot L - {}^{1}/_{2} \cdot q \cdot L^2 - M\,BC = 0$

$VC \cdot 1{,}9 - {}^{1}/_{2} \cdot 4.306 \cdot 1{,}9^2 - 7.260 = 0$

$VC \cdot 1{,}9 - 7.772{,}8 - 7.260 = 0$

$VC \cdot 1{,}9 - 15.032 = 0$

$VC = 7.912\ kg$ ↑

$\sum MC = 0$ dimisalkan VB ↑

$-VB \cdot L + {}^{1}/_{2} \cdot q \cdot L^2 - M\,BC = 0$

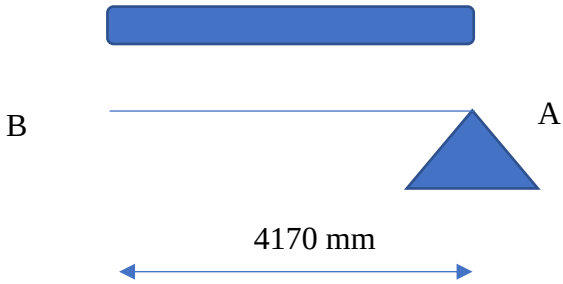
$-VB \cdot 1{,}9 + {}^{1}/_{2} \cdot 4.306 \cdot 1{,}9^2 - 7.260 = 0$

$-VB \cdot 1{,}9 + 7.772{,}8 - 7.260 = 0$

$-VB \cdot 1{,}9 + 513 = 0$

$VB = 270{,}1\ kg$ ↑

<u>Batang BA = Batang BD</u>



$\sum MB = 0$ dimisalkan VA $\uparrow$

$-VA \cdot L + {}^{1}/_{2} \cdot q \cdot L^2 + M\,BA = 0$

$-VA \cdot 4{,}17 + {}^{1}/_{2} \cdot 2.788 \cdot 4{,}17^2 + 3.630 = 0$

$-VA \cdot 4{,}17 + 24.214 + 3.630 = 0$

$-VA \cdot 4{,}17 + 27.843 = 0$

$VA = 6.681\ kg$ $\uparrow$

$\sum MA = 0$ dimisalkan VB $\uparrow$

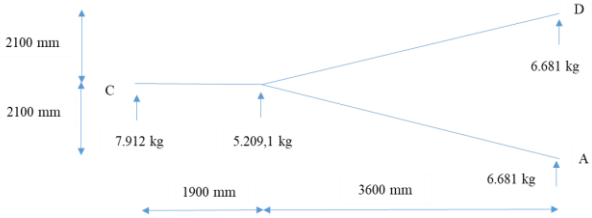
$VB \cdot L - {}^{1}/_{2} \cdot q \cdot L^2 + M\,BA = 0$

$VB \cdot 4{,}17 - {}^{1}/_{2} \cdot 2.788 \cdot 4{,}17^2 + 3.630 = 0$

$VB \cdot 4{,}17 - 24.214 - 3.630 = 0$

$VB \cdot 4{,}17 - 20.584 = 0$

$VB = 4.939\ kg$ $\uparrow$



Gambar 7. 7 Free Body Diagram Tangga Metode Cross

- Mencari momen maksimum

  <u>Batang BD = Batang BA</u>

  $N\ BD = NBA$

  $N\ BD = VB \cdot \sin \alpha$

  $N\ BD = 5.209 \cdot \sin 30{,}3$

  $N\ BD = 2.625\ kg$

  $D\ BD = D\ BA$

  $D\ BD = VB \cdot \cos \alpha$

  $D\ BD = 6.681 \cdot \cos 30{,}3$

  $D\ BD = 5.771\ kg$

- Bidang N, D dan M

  N X1 = 2.625 kg

  X1 = 0 m

  X1 = 4,17 m

  DB = 4.499 kg

  $DD = DB - q \cdot X1$

  $DD = 4.499 - 2.788 \cdot 4{,}17$

  $DD = -7.120\ kg$

  Pada D = 0, terjadi momen maksimum

  DD = 0

  $0 = 4.499 - 2.788 \cdot X$

$X = 1{,}61\ m$ (dari titik B)

$$MX1 = DB \cdot X1 - q \cdot X1 - M\ BD$$

$$MX1 = 4.499 \cdot 1{,}61 - 2.788 \cdot 1{,}61 - 3.630$$

$$MX1 = -868\ kg.m$$

Tabel 7. 4 Rekapitulasi Momen pada Tangga

Rekapitulasi	
Letak	**Momen**
	(kg.m)
Momen tumpuan B	7.260
Momen maksimum BA	-868
Momen maksimum BD	-868

Momen tangga diambil terbesar yaitu 868 kg.m. Sedangkan momen pada bordes diambil 7.260 kg.m. Selanjutnya akan digunakan dalam hitungan analisa penulangan pelat.

7.3.4. Analisa penulangan pelat tangga

$$d = t - t_s - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$

$$d = 150 - 20 - \frac{13}{2}$$

$$d = 123{,}5\ mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

7.3.4.1. Tulangan lentur

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{8.677.314,38}{0,9}$$
$$Mn = 9.641.460,42\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{9.641.460,42}{0,8 \cdot 1.000 \cdot 123,5^2}$$
$$Rn = 0,79\ N/mm^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 0{,}79}{410}})$$

$$\rho_{perlu} = 0{,}002$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	>	0,002	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$$

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}002$$

$$\rho_{\ pakai} = 0{,}003$$

Maka dipakai nilai ρ = 0,003

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As_{perlu} = 0{,}003 \cdot 1.000 \cdot 123{,}5$$

$$As_{perlu} = 313{,}6\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 123{,}5}{410}$$

  $$As_{min} = 421{,}71\ mm^2$$

  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 421,71 mm^2

- Batas spasi tulangan
  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.
  $S_{maks} = 2 \cdot t$
  $S_{maks} = 2 \cdot 150$
  $S_{maks} = 300$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm
  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$
  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{421{,}71}$$
  $S = 314{,}75\ mm$ → S pakai adalah 200 mm

  Tulangan pakai D13-200
  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$
  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{200}$$
  $As_{pasang} = 663{,}66\ mm^2$

  As_{pasang} > As_{perlu}
  663,66 mm^2 > 421,71 mm^2 ***(OK)***

7.3.4.2. Tulangan susut

- Kontrol tulangan susut
  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, luasan tulangan susut menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tuangan terhadap luas bruto penampang beton tidak boleh kurang dari ρ_{perlu} = 0,0014 dan slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 420 MPa maka ρ_{perlu} = 0,0018

$As_{susut} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot t_{pelat}$
$As_{susut} = 0{,}0018 \cdot 1.000 \cdot 150$
$As_{susut} = 270\ mm^2$

- Batas spasi tulangan

$s \leq 5 \cdot h$ atau $s_{maks} \leq 450\ mm$

Dipakai tulangan diameter 10 mm

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{270}$$

$S = 290{,}89\ mm$ → S pakai adalah 200 mm

Cek batas spasi tulangan

$s = 5 \cdot h$
$s = 5 \cdot 150$
$s = 750\ mm$

200 mm	<	750 mm	***(OK)***
200 mm	<	450 mm	***(OK)***

Tulangan pakai D10-200

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{200}$$

$As_{pasang} = 392{,}7\ mm^2$

As_{pasang}	>	As_{perlu}	
392,7 mm^2	>	270 mm^2	***(OK)***

7.3.5. Analisa penulangan pelat bordes

$$d = t - t_s - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$
$$d = 150 - 20 - \frac{13}{2}$$
$$d = 123{,}5\ mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$$
$$\rho_{maks} = 0{,}026$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

7.3.5.1. Tulangan lentur

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{72.595.143{,}24}{0{,}9}$$

$$Mn = 80.661.270{,}26\ N.mm$$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{80.661.270{,}26}{0{,}8 \cdot 1.000 \cdot 123{,}5^2}$$
$$Rn = 6{,}61\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 6{,}61}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}018$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,018	<	0,03

Maka dipakai nilai ρ = 0,018

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}018 \cdot 1.000 \cdot 123{,}5$$
$$As_{perlu} = 2.282\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 1.000 \cdot 123{,}5}{410}$$
$$As_{min} = 421{,}71\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 2.282 mm^2

- Batas spasi tulangan

  Menurut SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, batas spasi tulangan tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat lantai.

  $S_{maks} = 2 \cdot t$

  $S_{maks} = 2 \cdot 150$

  $S_{maks} = 300$

  Dipakai tulangan diameter 13 mm

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$

  $$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{2.282}$$

  $S = 58{,}17\ mm$ → S pakai adalah 50 mm

  Tulangan pakai D13-50

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

  $$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1.000}{50}$$

  $As_{pasang} = 2.654{,}6\ mm^2$

  As_{pasang} > As_{perlu}

  2.654,6 mm^2 > 2.281,7 mm^2 ***(OK)***

7.3.5.2. Tulangan susut

- Kontrol tulangan susut

  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, luasan tulangan susut menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tuangan terhadap luas bruto penampang beton tidak boleh kurang

dari ρ_{perlu} = 0,0014 dan slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 420 MPa maka ρ_{perlu} = 0,0018

$$As_{susut} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot t_{pelat}$$
$$As_{susut} = 0{,}0018 \cdot 1.000 \cdot 150$$
$$As_{susut} = 270\ mm^2$$

- Batas spasi tulangan

$s \leq 5 \cdot h$ atau $s_{maks} \leq 450\ mm$

Dipakai tulangan diameter 10 mm

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As_{perlu}}$$
$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{270}$$
$S = 290{,}89\ mm$ → S pakai adalah 200 mm

Cek batas spasi tulangan

$$s = 5 \cdot h$$
$$s = 5 \cdot 150$$
$$s = 750\ mm$$

200 mm	<	750 mm	***(OK)***
200 mm	<	450 mm	***(OK)***

Tulangan pakai D10-200

$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$
$$As_{pasang} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1.000}{200}$$
$$As_{pasang} = 392{,}7\ mm^2$$

As_{pasang} > As_{perlu}

392,7 mm^2 > 270 mm^2 ***(OK)***

7.4. Desain Balok Bordes

Balok bordes direncanakan untuk memikul beban mati dan reaksi perletakan dari tangga. Sebagai contoh perhitungan akan ditinjau balok bordes pada tangga yang menghubungkan dasar dengan lantai 2.

7.4.1. Data perencanaan

Beban mati dan beban hidup yang bekerja pada balok bordes dapat dianggap sebagai beban statis yang bekerja pada daerah pelat bordes.

Data-data perencanaan :

Mutu beton (fc') = 35 MPa

Mutu baja (fy) = 410 MPa

Lebar balok (b) = 350 mm

Tinggi balok (h) = 500 mm

Panjang balok (L) = 3.250 mm

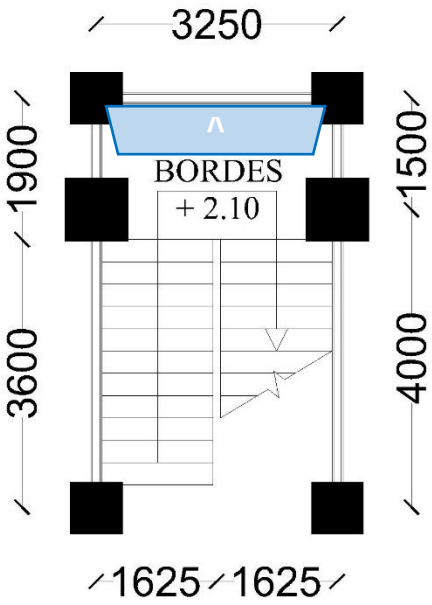
Diameter tulangan lentur (Ø1) = 16 mm

Diameter tulangan geser (Ø2) = 10 mm

β1 = 0,8
(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

Faktor reduksi kuat lentur = 0,9
(SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.7)

Faktor reduksi kuat geser = 0,75
(SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)



$$Luas\ \Delta\ = \frac{1}{2} \cdot (a + b) \cdot t$$

$$Luas\ \Delta\ = \frac{1}{2} \cdot (3.250 + 1.350) \cdot 950$$

$$Luas\ \Delta\ = 2.185.000\ mm^2$$

$$Luas\ \Delta\ = 2{,}185\ m^2$$

Tinggi efektif balok (d) = 432 mm

$$d = t - t_s - \emptyset_{tul\ susut} - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$

$$d = 500 - 50 - 10 - \frac{16}{2}$$

$d = 432\ mm$

7.4.2. Pembebanan balok bordes

- Beban mati
  - Berat sendiri = 2400 kg/m^3 · 0,35 m · 0,5 m
    = 420 kg/m +

    qDL1 = 420 kg/m

- Beban mati tambahan
  - Berat pelat = 2400 kg/m^3 · 0,15 m
    = 360 kg/m
  - Beban spesi = 21 kg/m
  - Beban keramik = 18 kg/m +

    qDL2 = 399 kg/m
- Beban mati total per satuan panjang

$$DL = qDL1 + (\frac{qDL2 \cdot Luas\ \Delta}{L})$$

$$DL = 420 + (\frac{399 \cdot 2{,}185}{3{,}25})$$

$$DL = 688{,}3\ kg/m$$

$$DL = 6{,}88\ kN/m$$

- Beban hidup
  - Beban hidup untuk tangga = 479 kg/m^2

$$LL = (\frac{qLL \cdot Luas\ \Delta}{L})$$

$$LL = (\frac{479 \cdot 2{,}185}{3{,}25})$$

$$LL = 322\ kg/m$$

$$LL = 3{,}22\ kN/m$$

- Beban ultimate

$$Qu = 1{,}4\ DL + 1{,}6\ LL$$

$$Qu = 1{,}4 \cdot 6{,}68 + 1{,}6 \cdot 3{,}22$$

$$Qu = 14{,}79\ kN/m$$

$$Mu\ tumpuan = \frac{1}{11} \cdot Qu \cdot L^2$$
$$Mu\ tumpuan = \frac{1}{11} \cdot 14{,}79 \cdot 3{,}25^2$$
$$Mu\ tumpuan = 14{,}2\ kN.m$$

$$Mu\ lapangan = \frac{1}{16} \cdot Qu \cdot L^2$$
$$Mu\ lapangan = \frac{1}{16} \cdot 14{,}79 \cdot 3{,}25^2$$
$$Mulapangan = 9{,}76\ kN.m$$

$$Vu\ tumpuan = \frac{Qu \cdot Ln}{2}$$
$$Vu\ tumpuan = \frac{14{,}79 \cdot 3{,}25}{2}$$
$$Vu\ tumpuan = 24\ kN$$

$$Vu\ lapangan = \frac{Qu \cdot Ln}{8}$$
$$Vu\ lapangan = \frac{14{,}79 \cdot 3{,}25}{8}$$
$$Vu\ lapangan = 6{,}01\ kN$$

7.4.3. Perhitungan penulangan lentur

Daerah tumpuan kanan

- **Tulangan tarik**

  Mu = 14,2 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{14.199.914{,}77}{0{,}9}$$
$$Mn = 15.777.683{,}08\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{15.777.683,08}{0,8 \cdot 350 \cdot 432^2}$$
$$Rn = 0,30\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,78 \cdot 0,30}{410}})$$

$\rho_{perlu} = 0{,}00074$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,00074	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}00074$

$\rho_{\ pakai} = 0{,}00096$

Maka dipakai nilai ρ = 0,00096

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$

$As_{perlu} = 0{,}00096 \cdot 350 \cdot 432$

$As_{perlu} = 145{,}5\ mm^2$

- Cek tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 350 \cdot 432}{410}$$

  $As_{min} = 516{,}3\ mm^2$

  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 516,3 mm^2

  $$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

  $$n = \frac{516{,}3}{201{,}1}$$

  $n = 2{,}57\ buah\ \approx 3\ buah$

  Dipakai tulangan 3 D16

$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$
$As_{pakai} = 3 \cdot 201{,}1$
$As_{pakai} = 603{,}2\ mm^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 16)}{3 - 1}$$

$s\ max = 91\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{603{,}2\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 350}$$

$a = 23{,}75\ mm$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 603{,}2 \cdot 410 \cdot (432 - \frac{23{,}75}{2})$$

$Mn = 106.836.255\ N.mm$
$Mn = 106{,}8\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 106{,}8$
$\emptyset \cdot Mn = 96{,}15\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

96,15 kN.m > 15,78 kN.m ***(OK)***

- **Tulangan tekan**

$As' = 0{,}3 \cdot As$
$As' = 0{,}3 \cdot 603{,}2$

$$As' = 181\ mm^2$$

$$n = \frac{As'}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{181}{201{,}1}$$
$$n = 0{,}9\ buah\ \approx 2\ buah$$

Dipakai tulangan 2 D16

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 2 \cdot 201{,}1$$
$$As_{pakai} = 402{,}1\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2 - 1}$$
$$s\ max = 198\ mm \quad > \quad 25\ \text{mm}\ \textbf{\textit{(OK)}}$$

Jadi penulangan lentur untuk daerah tumpuan kanan dipakai tulangan tarik 3 D16 dan tulangan tekan 2 D16.

Daerah tumpuan kiri

- **Tulangan tarik**

Mu = 14,2 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{14.199.914{,}77}{0{,}9}$$
$$Mn = 15.777.683{,}08\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{15.777.683,08}{0,8 \cdot 350 \cdot 432^2}$$
$$Rn = 0,30\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,78 \cdot 0,30}{410}})$$

$\rho_{perlu} = 0{,}00074$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,00074	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}00074$

$\rho_{\ pakai} = 0{,}00096$

Maka dipakai nilai ρ = 0,00096

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$

$As_{perlu} = 0{,}00096 \cdot 350 \cdot 432$

$As_{perlu} = 145{,}5\ mm^2$

- Cek tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 350 \cdot 432}{410}$$

  $$As_{min} = 516{,}3\ mm^2$$

  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 516,3 mm^2

  $$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

  $$n = \frac{516{,}3}{201{,}1}$$

  $$n = 2{,}57\ buah\ \approx 3\ buah$$

Dipakai tulangan 3 D16

$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$
$As_{pakai} = 3 \cdot 201{,}1$
$As_{pakai} = 603{,}2\ mm^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 16)}{3 - 1}$$

$s\ max = 91\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{603{,}2\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 350}$$

$a = 23{,}75\ mm$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 603{,}2 \cdot 410 \cdot (432 - \frac{23{,}75}{2})$$

$Mn = 106.836.255\ N.mm$
$Mn = 106{,}8\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 106{,}8$
$\emptyset \cdot Mn = 96{,}15\ kN.m$
$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

96,15 kN.m > 15,78 kN.m ***(OK)***

- **Tulangan tekan**

$As' = 0{,}3 \cdot As$

$As' = 0{,}3 \cdot 603{,}2$
$As' = 181\ mm^2$

$$n = \frac{As'}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{181}{201{,}1}$$
$n = 0{,}9\ buah\ \approx 2\ buah$

Dipakai tulangan 2 D16

$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$
$As_{pakai} = 2 \cdot 201{,}1$
$As_{pakai} = 402{,}1\ mm^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2 - 1}$$
$s\ max = 198\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

Jadi penulangan lentur untuk daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 3 D16 dan tulangan tekan 2 D16.

Daerah lapangan

- **Tulangan tarik**

Mu = 9,76 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{9.762.441{,}41}{0{,}9}$$
$Mn = 10.847.157{,}12\ N.mm$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{10.847.157,12}{0,8 \cdot 350 \cdot 432^2}$$
$$Rn = 0,21\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,78 \cdot 0,21}{410}})$$

$\rho_{perlu} = 0{,}0005$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0005	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$

$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}0005$

$\rho_{\ pakai} = 0{,}0007$

Maka dipakai nilai ρ = 0,0007

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$

$As_{perlu} = 0{,}0007 \cdot 350 \cdot 432$

$As_{perlu} = 99{,}87\ mm^2$

- Cek tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 350 \cdot 432}{410}$$

  $As_{min} = 516{,}3\ mm^2$

  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 516,3 mm^2

  $$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

  $$n = \frac{516{,}3}{201{,}1}$$

  $n = 2{,}57\ buah\ \approx 3\ buah$

  Dipakai tulangan 3 D16

$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$
$As_{pakai} = 3 \cdot 201{,}1$
$As_{pakai} = 603{,}2\ mm^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 16)}{3 - 1}$$

$s\ max = 91\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{603{,}2\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 350}$$

$a = 23{,}75\ mm$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 603{,}2 \cdot 410 \cdot (432 - \frac{23{,}75}{2})$$

$Mn = 106.836.255\ N.mm$
$Mn = 106{,}8\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 106{,}8$
$\emptyset \cdot Mn = 96{,}15\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

96,15 kN.m > 10,85 kN.m ***(OK)***

- **Tulangan tekan**

$As' = 0{,}3 \cdot As$
$As' = 0{,}3 \cdot 603{,}2$

$As' = 181\ mm^2$

$$n = \frac{As'}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

$$n = \frac{181}{201{,}1}$$

$$n = 0{,}9\ buah\ \approx 2\ buah$$

Dipakai tulangan 2 D16

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$

$$As_{pakai} = 2 \cdot 201{,}1$$

$$As_{pakai} = 402{,}1\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2 - 1}$$

$s\ max = 198\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

Jadi penulangan lentur untuk daerah lapangan dipakai tulangan tarik 3 D16 dan tulangan tekan 2 D16.

Tabel 7. 5 Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Bordes

Rekapitulasi					
No	**Keterangan**		**Tulangan**		**As**
					(mm²)
1	Tumpuan kanan	Tarik	3	D16	603,2
		Tekan	2	D16	402,1

2	Tumpuan kiri	Tarik	3	D16	603,2
		Tekan	2	D16	402,1
3	Lapangan	Tarik	3	D16	603,2
		Tekan	2	D16	402,1

7.4.4. Perhitungan penulangan geser

Dari perhitungan sebelumnya didapat :
Vu tumpuan = 24,03 kN = 24.031 N
Vu lapangan = 6,008 kN = 6.008 N

Syarat kuat tekan beton (fc')

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ MPa$

$\sqrt{35} < 8{,}3\ MPa$

$5{,}92\ MPa < 8{,}3\ MPa$ ***(Memenuhi)***

Kuat geser beton

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 432$

$Vc = 149.085{,}21\ N$

Kuat geser tulangan geser

$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d$

$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot 350 \cdot 432$

$Vs_{min} = 50.400\ N$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 432$$

$Vs_{maks} = 298.170{,}42\ N$

$2 \cdot Vs_{maks} = 2 \cdot 298.170{,}42$
$2 \cdot Vs_{maks} = 596.340{,}82\ N$

Daerah tumpuan
Periksa kondisi geser pada penampang balok :

- Kondisi 1
  $Vu \leq 0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc$
  $24.031 \leq 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 149.085{,}21$
  $24.031\ N \leq 55.907\ N$ ***(Memenuhi)***

- Kondisi 2
  $0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc$
  $0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 149.085{,}21 \leq 24.031 \leq 0{,}75 \cdot 149.085{,}21$
  $55.907 > 24.031 \leq 111.813{,}91$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 3
  $\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{min})$
  $0{,}75 \cdot 149.085{,}2 \leq 24.031 \leq 0{,}75\ (149.085{,}2 + 50.400)$
  $111.813{,}91 > 24.031 \leq 149.613{,}91$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 4

  $\emptyset \cdot (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{max})$

  $0{,}75 \cdot (149.085 + 50.400) \leq 24.031 \leq 0{,}75\ (149.085 + 298.170{,}42)$

  $149.613{,}91 > 24.031 \leq 335.441{,}72$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 5

  $\emptyset \cdot (Vc + Vs_{max}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + 2 \cdot Vs_{max})$

  $0{,}75(149.085 + 298.170) \leq 24.031 \leq 0{,}75\ (149.085 + 2 \cdot 298.170)$

  $335.442 > 24.031 \leq 559.070$ ***(Tidak memenuhi)***

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 2 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$Av = 157{,}1\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{157{,}1\ \cdot\ 410 \cdot\ 432}{50.400}$$

$$S = 552\ mm$$

Sehingga dipakai 10 D 2 kaki dengan 200 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{157{,}1\ \cdot\ 410 \cdot\ 432}{200}$$

$$Vs = 139.109{,}72\ N$$

$$Vs = 139\ kN$$

Vs min	<	Vs pakai	
50,4 kN	<	139 kN	***(OK)***

Daerah lapangan

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

- Kondisi 1

  $Vu \leq 0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc$

  $6.008 \leq 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 149.085{,}21$

  $6.008\ N \leq 55.907\ N$ ***(Memenuhi)***

- Kondisi 2

  $0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc$

  $0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 149.085{,}21 \leq 6.008 \leq 0{,}75 \cdot 149.085{,}21$

  $55.907 > 6.008 \leq 111.813{,}91$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 3

  $\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{min})$

  $0{,}75 \cdot 149.085{,}2 \leq 6.008 \leq 0{,}75\ (149.085{,}21 + 50.400)$

  $111.813{,}91 > 6.008 \leq 149.613{,}91$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 4

  $\emptyset \cdot (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{max})$

  $0{,}75 \cdot (149.085 + 50.400) \leq 6.008 \leq 0{,}75\ (149.085 + 298.170{,}42)$

  $149.613{,}91 > 6.008 \leq 335.441{,}72$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 5

  $\emptyset \cdot (Vc + Vs_{max}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + 2 \cdot Vs_{max})$

  $0{,}75 \cdot (149.085 + 298.170) \leq 6.008 \leq 0{,}75\ (149.085 + 2 \cdot 298.170)$

  $335.442 > 6.008 \leq 559.070$ ***(Tidak memenuhi)***

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 2 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$Av = 157{,}1\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{157{,}1\ \cdot\ 410 \cdot\ 432}{50.400}$$

$$S = 552\ mm$$

Sehingga dipakai 10 D 2 kaki dengan 200 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{157{,}1\ \cdot\ 410 \cdot\ 432}{200}$$

$$Vs = 139.109{,}72\ N$$

$$Vs = 139\ kN$$

Vs min	<	Vs pakai	
50,4 kN	<	139 kN	***(OK)***

7.4.5. Kontrol retak pada balok bordes

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

Dimana,

fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

$$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

$$fs = 273{,}3\ MPa$$

$$Cc = t_s + \emptyset\ tul.\ geser$$

$$Cc = 50 + 10$$

$$Cc = 60\ mm$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 60$$

$$s = 239{,}3\ mm$$

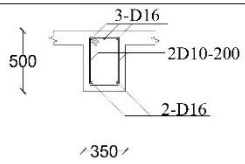
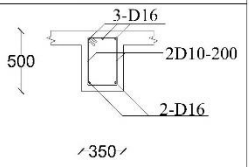
Dan tidak boleh lebih dari

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$

$s = 307{,}3\ mm$

Jarak antar tulangan di daerah tumpuan = 200 (tidak melebihi 239,3 mm dan 307,3 mm, OK)

TIPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3-D16	3-D16
TULANGAN BAWAH	2-D16	2-D16
SENGKANG	2D10-200	2D10-200

Gambar 7. 8 Detail Penulangan Balok Bordes

7.5. Desain Balok Anak

Perhitungan balok anak 35/50 ditinjau pada elevasi +4,20. Berikut ini adalah data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output, dan diagram gaya dalam dari program bantu *SAP 2000*.

7.5.1. Data perencanaan tulangan balok

Data-data perencanaan :

Tipe balok : 350/500

Bentang balok (L) : 8.000 mm

Lebar balok (b) : 350 mm

Tinggi balok (h) : 500 mm

Kuat tekan beton (fc’) : 35 Mpa

Kuat leleh tul. lentur (fy) : 410 Mpa

Kuat leleh tul. geser (fyv) : 410 Mpa

Kuat leleh tul. puntir (fyt) : 410 Mpa

Diameter tul. lentur (Øl) : 19 mm

Diameter tul. geser (Øg) : 10 mm

Diameter tul. puntir (Øp) : 13 mm

Tebal selimut beton (ts) : 50 mm

Faktor reduksi kuat lentur : 0,9 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.7)

Faktor reduksi kuat geser : 0,75 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)

Faktor reduksi kuat torsi : 0,75 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)

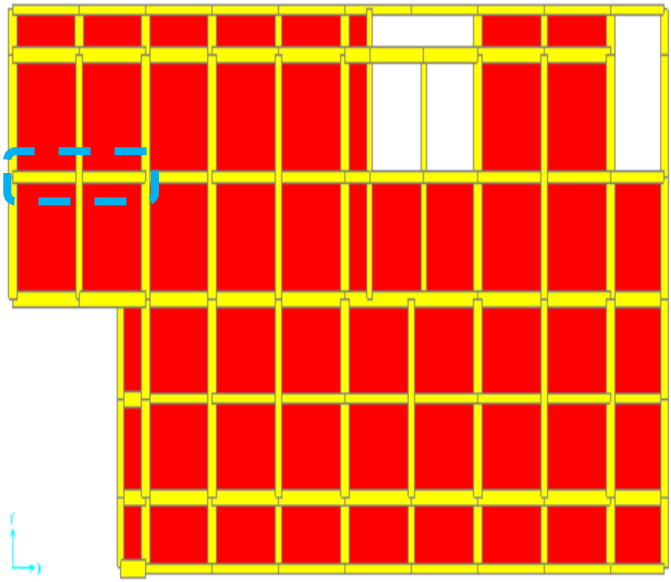
β1 : 0,8 (SNI 2847:2013 ps. 10.2.7.3)

Tinggi efektif balok (d) = 431 mm

$$d = t - t_s - \emptyset_{tul\ geser} - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$

$$d = 500 - 50 - 10 - \frac{19}{2}$$

$$d = 431\ mm$$



Gambar 7. 9 Balok Anak yang ditinjau

7.5.2. Hasil output dan diagram gaya dalam dari *SAP 2000*

Setelah dilakukan analisa menggunakan *SAP 2000*, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan untuk menghitung penulangan balok. Hasil output *SAP 2000* diambil dari beban kombinasi yaitu 1,2D + 1,6L. Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

Hasil output diagram momen

- Tumpuan

Mu = 88,2 kN.m

- Lapangan

Mu = 58,65 kN.m

Hasil output diagram gaya geser

- Tumpuan

Vu = 46,6 kN

- Lapangan

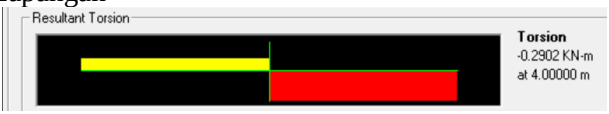
Vu = 26,83 kN

Hasil output diagram torsi

- Tumpuan

Tu = 0,734 kN.m

- Lapangan



Tu = 0,29 kN.m

Hasil output diagram aksial

Pu = 2,22 kN

7.5.3. Syarat komponen struktur lentur

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memeunhi hal berikut ini :

a. Gaya aksial tekan terfaktor tidak boleh melebihi :

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = \frac{350 \cdot 500 \cdot 35}{10}$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 612.500\ N$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 612{,}5\ kN$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terhadap beban kombinasi 1,2D + 1,6L adalah 2,22 kN < 612,5 kN (OK)

b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

d = 431 mm
Dimensi balok induk = 500 x 700
Bentang bersih (Ln) = 7.500 mm

$$Ln = L - (2 \cdot \frac{b}{2})$$

$$Ln = 8.000 - (2 \cdot \frac{500}{2})$$

$$Ln = 7.500\ mm$$

$Ln > 4 \cdot d$

$7.500 > 4 \cdot 431$

$7.500\ mm > 1.722\ mm$ ***(OK)***

c. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3

$\frac{b}{h} \geq 0{,}3$

$\frac{350}{500} \geq 0{,}3$

$0{,}7 \geq 0{,}3$ ***(OK)***

7.5.4. Perhitungan penulangan lentur

Daerah tumpuan

- **Tulangan tarik**

Mu = 88,2 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{88.195.300}{0{,}9}$$

$$Mn = 97.994.777{,}8\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$

$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho b = 0{,}034$$

$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$
$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$
$\rho_{maks} = 0{,}026$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$m = 13{,}78$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{97.994.777{,}78}{0{,}8 \cdot 350 \cdot 431^2}$$
$Rn = 1{,}89\ N/mm^2$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 1{,}89}{410}})$$
$\rho_{perlu} = 0{,}0048$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0048	<	0,03

Maka dipakai nilai ρ = 0,0048

$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$
$As_{perlu} = 0{,}0048 \cdot 350 \cdot 431$
$As_{perlu} = 718\ mm^2$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 350 \cdot 431}{410}$$

$$As_{min} = 515\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 718 mm^2

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

$$n = \frac{718}{284}$$

$$n = 2{,}53\ buah\ \approx 3\ buah$$

Dipakai tulangan 3 D19

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$

$$As_{pakai} = 3 \cdot 284$$

$$As_{pakai} = 851\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$

$s\ max = 86{,}5\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{851\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 350}$$

$$a = 33{,}5\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$
$$Mn = 851 \cdot 410 \cdot (431 - \frac{33,5}{2})$$
$$Mn = 150.132.702\ N.mm$$
$$Mn = 150\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0,9 \cdot 150$$
$$\emptyset \cdot Mn = 135\ kN.m$$

$\emptyset \cdot Mn$	>	Mn	
135 kN.m	>	98 kN.m	***(OK)***

- **Tulangan tekan**

$$As' = 0,3 \cdot As$$
$$As' = 0,3 \cdot 851$$
$$As' = 255\ mm^2$$

$$n = \frac{As'}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{255}{284}$$
$$n = 0,9\ buah\ \approx 2\ buah$$

Dipakai tulangan 2 D19

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 2 \cdot 283,5$$
$$As_{pakai} = 567\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\,max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$s\,max = 192\,mm$ > 25 mm ***(OK)***

Jadi penulangan lentur untuk daerah tumpuan dipakai tulangan tarik 3 D19 dan tulangan tekan 2 D19.

Daerah lapangan

- **Tulangan tarik**

  Mu = 58,7 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{586.534.000}{0,9}$$

$$Mn = 65.170.444,4\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$

$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{65.170.444{,}4}{0{,}8 \cdot 350 \cdot 431^2}$$
$$Rn = 1{,}26\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 1{,}26}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}003$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,003	<	0,03

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} diperbesar 30% sehingga :

$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot \rho_{\ perlu}$$
$$\rho_{\ pakai} = 1{,}3 \cdot 0{,}003$$
$$\rho_{\ pakai} = 0{,}0041$$

Maka dipakai nilai ρ = 0,0041

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}0041 \cdot 350 \cdot 431$$
$$As_{perlu} = 613\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 350 \cdot 431}{410}$$
$$As_{min} = 515\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 613 mm^2

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{613}{284}$$
$$n = 2{,}16\ buah\ \approx 3\ buah$$

Dipakai tulangan 3 D19

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 3 \cdot 284$$
$$As_{pakai} = 851\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$
$$s\ max = 86{,}5\ mm \quad > \quad 25\ \text{mm}$$ ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$a = \frac{851 \cdot 410}{0{,}85 \cdot 35 \cdot 350}$$

$$a = 33{,}5\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 851 \cdot 410 \cdot (431 - \frac{33{,}5}{2})$$

$$Mn = 150.132.702\ N.mm$$

$$Mn = 150\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 150$$

$$\emptyset \cdot Mn = 135\ kN.m$$

$\emptyset \cdot Mn$	>	Mn	
135 kN.m	>	98 kN.m	***(OK)***

- **Tulangan tekan**

$$As' = 0{,}3 \cdot As$$

$$As' = 0{,}3 \cdot 851$$

$$As' = 255\ mm^2$$

$$n = \frac{As'}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

$$n = \frac{255}{284}$$

$$n = 0{,}9\ buah\ \approx 2\ buah$$

Dipakai tulangan 2 D19

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$

$$As_{pakai} = 2 \cdot 283{,}5$$

$$As_{pakai} = 567\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$s\ max = 192\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

Jadi penulangan lentur untuk daerah tumpuan dipakai tulangan tarik 3 D19 dan tulangan tekan 2 D19.

Tabel 7. 6 Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Balok Anak

Rekapitulasi					
No	**Keterangan**		**Tulangan**		**As**
					(mm²)
1	Tumpuan	Tarik	3	D19	851
		Tekan	2	D19	567
2	Lapangan	Tarik	3	D19	851
		Tekan	2	D19	567

7.5.5. Perhitungan penulangan geser

Dari hasil output *SAP 2000* didapat :
Vu tumpuan = 46,6 kN = 46.597 N
Vu lapangan = 26,8 kN = 26.827 N

Syarat kuat tekan beton (fc')

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ MPa$

$\sqrt{35} < 8{,}3\ MPa$

$5{,}92\ MPa < 8{,}3\ MPa$ ***(Memenuhi)***

Kuat geser beton

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 431$

$Vc = 148.567{,}55\ N$

Kuat geser tulangan geser

$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d$

$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot 350 \cdot 431$

$Vs_{min} = 50.225\ N$

$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$

$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 431$

$Vs_{maks} = 297.135{,}11\ N$

$2 \cdot Vs_{maks} = 2 \cdot 297.135{,}11$

$2 \cdot Vs_{maks} = 594.270{,}21\ N$

Daerah tumpuan

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

- Kondisi 1

  $Vu \leq 0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc$

  $46.597 \leq 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 148.567{,}55$

  $46.597\ N \leq 55.712{,}8\ N$ ***(Memenuhi)***

- Kondisi 2

  $0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc$

  $0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 148.567{,}55 \leq 46.597 \leq 0{,}75 \cdot 148.567{,}55$

  $55.712{,}8 > 46.597 \leq 111425{,}7$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 3

  $\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{min})$

  $0{,}75 \cdot 148.567{,}5 \leq 46.597 \leq 0{,}75\ (148.567{,}5 + 50.225)$

  $111425{,}7 > 46.597 \leq 149.094{,}42$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 4

  $\emptyset \cdot (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{max})$

  $0{,}75 \cdot (148.567 + 50.225) \leq 46.597 \leq 0{,}75\ (148.567 + 297.135{,}11)$

  $149.094{,}42 > 46.597 \leq 334.277$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 5

  $\emptyset \cdot (Vc + Vs_{max}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + 2 \cdot Vs_{max})$

  $0{,}75(148.568 + 297.135) \leq 46.597 \leq 0{,}75\ (148.568 + 2 \cdot 297.135)$

  $335.442 > 46.597 \leq 559.070$ ***(Tidak memenuhi)***

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 2 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$Av = 157{,}1\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{157{,}1\ \cdot\ 410 \cdot\ 431}{50.400}$$

$S = 552\ mm$

Sehingga dipakai 10 D 2 kaki dengan 200 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{157{,}1\ \cdot\ 410 \cdot\ 431}{200}$$

$Vs = 139.109{,}72\ N$

$Vs = 139\ kN$

Vs min	<	Vs pakai	
50,4 kN	<	139 kN	***(OK)***

Daerah lapangan

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

- Kondisi 1

  $Vu \leq 0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc$

  $26.827 \leq 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 148.567{,}55$

  $26.827\ N \leq 55.712{,}8\ N$ ***(Memenuhi)***

- Kondisi 2

  $0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc$

  $0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 148.567{,}55 \leq 26.827 \leq 0{,}75 \cdot 148.567{,}55$

  $55.712{,}8 > 26.827 \leq 111425{,}7$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 3

  $\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{min})$

  $0{,}75 \cdot 148.567{,}5 \leq 26.827 \leq 0{,}75\ (148.567{,}5 + 50.225)$

  $111425{,}7 > 26.827 \leq 149.094{,}42$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 4

$$\emptyset \cdot (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{max})$$

$$0{,}75 \cdot (148.567 + 50.225) \leq 26.827 \leq 0{,}75\ (148.567 + 297.135{,}11)$$

$149.094{,}42 > 26.827 \leq 334.277$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 5

$$\emptyset \cdot (Vc + Vs_{max}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + 2 \cdot Vs_{max})$$

$$0{,}75(148.568 + 297.135) \leq 46.597 \leq 0{,}75\ (148.568 + 2 \cdot 297.135)$$

$335.442 > 46.597 \leq 559.070$ ***(Tidak memenuhi)***

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 2 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$Av = 157{,}1\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{157{,}1\ \cdot\ 410 \cdot\ 431}{50.400}$$

$$S = 552\ mm$$

Sehingga dipakai 10 D 2 kaki dengan 200 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

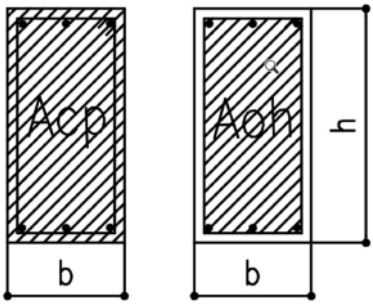
$$Vs = \frac{157{,}1 \cdot 410 \cdot 431}{200}$$

$$Vs = 139.109{,}72\ N$$

$$Vs = 139\ kN$$

Vs min	<	Vs pakai	
50,4 kN	<	139 kN	***(OK)***

7.5.6. Perhitungan penulangan puntir



Gambar 7. 10 Luasan Acp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$Acp = b \cdot h$$

$$Acp = 350 \cdot 500$$

$$Acp = 175.000\ mm^2$$

Parameter luar irisan penampang beton Acp :

$$\mathrm{P}cp = 2 \cdot (b + h)$$

$$\mathrm{P}cp = 2 \cdot (350 + 500)$$

$Pcp = 1.700\ mm$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$\text{Aoh} = (b_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser})(h_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser})$

$\text{Aoh} = (350 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 10)(500 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 10)$

$\text{Aoh} = 87.400\ mm^2$

Keliling penampang dibatasi as tulangan :

$\text{Poh} = 2 \cdot ((b_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser}))$

$\text{Poh} = 2 \cdot ((350 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 10) + (500 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 10))$

$\text{Poh} = 1.220\ mm$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada *SAP 2000* dengan kombinasi beban 1,2D + 1,6L, Tu = 0,734 kN.m

$$Tn = \frac{Tu}{\varphi}$$

$$Tn = \frac{733.500}{0,75}$$

$$Tn = 978.000\ N.mm$$

$$Tu\ min = \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot (\frac{Acp^2}{Pcp})$$

$$Tu\ min = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot (\frac{175.000^2}{1.700})$$

$$Tu\ min = 6.634.383,22\ N.mm$$

Tu	>	Tu min
733.500 N.mm	<	6.634.383,22 N.mm

Karena Tu < Tu min, maka pada penampang balok digunakan penulangan puntir berupa penulangan puntir minimum.

- Cek kecukupan penampang menahan momen puntir

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1{,}7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \emptyset \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0{,}66 \cdot \sqrt{fc}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{46.597}{350 \cdot 431}\right)^2 + \left(\frac{6.6634.383 \cdot 1.220}{1{,}7 \cdot 87.400^2}\right)^2} \leq 0{,}75 \left(\frac{148.568}{350 \cdot 431} + 0{,}66 \cdot \sqrt{35}\right)$$

$0{,}7 \leq 3{,}67$ ***(OK)***

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

7.5.6.1. Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

Dengan $\frac{At}{s}$ dihitung sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan :

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot Fyt}{s} \cdot \cot \theta$$

Untuk beton non prategang, $\theta = 45^0$

Dimana, $Ao = 0{,}85 \cdot Aoh$

$$Ao = 0{,}85 \cdot 87.400$$

$$Ao = 74.290\ mm^2$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \cdot Ao \cdot Fyt \cdot \cot\theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{978.000}{2 \cdot 74.290 \cdot 410 \cdot \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = 19{,}59\ mm^2$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cdot \cot^2\theta$$

$$Al = 0{,}02 \cdot 1.220 \cdot \left(\frac{410}{410}\right) \cdot \cot^2 45$$

$$Al = 19{,}59\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{fc'} \cdot Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right)$$

Dengan $\frac{At}{s}$ tidak boleh kurang dari $0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt}$

$$0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt} = 0{,}175 \cdot \frac{350}{410}$$

$$0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt} = 0{,}149\ mm$$

$$\frac{At}{s} \quad > \quad \frac{At}{s}\ min$$

0,02 mm < 0,15 mm

Karena $\frac{At}{s}$ kurang dari $\frac{At}{s}\ minimum$, maka digunakan $\frac{At}{s}$ pakai sebesar 0,15 mm.

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{fc'} \cdot Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right)$$

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{35} \cdot 175.000}{410} - 0{,}149 \cdot 1.220 \cdot \left(\frac{410}{410}\right)$$

$$Al\ min = 878{,}3\ mm^2$$

Al perlu < Al min

19,59 mm^2 < 878,3 mm^2

Karena Al perlu < Al min, maka dipakai Al min = 878,3 mm^2.

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang (longitudinal) dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{878{,}3}{4}$$

$$\frac{Al}{4} = 220\ mm^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

- Penulangan pada sisi atas disalurkan pada tulangan tekan.

- Penulangan pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tarik.

Maka luasan akhir = 439 mm^2

$$As = 2 \cdot \frac{Al}{4}$$

$$As = 2 \cdot 220$$

$$As = 439\ mm^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi samping)

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ puntir}$$

$$n = \frac{439}{132{,}7}$$

$$n = 3{,}31\ buah\ \approx 4\ buah$$

Dipakai tulangan 4 D13

- Kontrol luasan tulangan puntir

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ puntir$$

$$As_{pakai} = 4 \cdot 132{,}7$$

$$As_{pakai} = 531\ mm^2$$

As pasang	>	As perlu
531 mm^2	>	439 mm^2

7.5.6.2. Tulangan puntir untuk geser
Daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{138.626,7}{410 \cdot 431}$$

$$\frac{Av}{s} = 0,785\ mm$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 0,785 + 2 \cdot 0,149$$

$$\frac{Avt}{s} = 1,084\ mm$$

Untuk tulangan sengkang sebelum torsi adalah 2 kaki D10-200

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{157}{200}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 0,79\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

0,79 mm < 1,084 mm ***(No OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ < $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang belum mampu menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D10-140

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{157}{140}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 1{,}12\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

1,12 mm > 1,084 mm ***(OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang mampu menahan gaya geser dan gaya torsi. Jadi tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D10-140.

Daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{138.626{,}7}{410 \cdot 431}$$

$$\frac{Av}{s} = 0{,}785\ mm$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 0{,}785 + 2 \cdot 0{,}149$$

$$\frac{Avt}{s} = 1{,}084\ mm$$

Untuk tulangan sengkang sebelum torsi adalah 2 kaki D10-200

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{157}{200}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 0{,}79\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

0,79 mm < 1,084 mm ***(No OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ < $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang belum mampu menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D10-140

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{157}{140}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 1{,}12\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

1,12 mm > 1,084 mm ***(OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang mampu menahan gaya geser dan gaya torsi. Jadi tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D10-140.

7.5.7. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan disetiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 12.2.1)

- Perhitungan panjang penyaluran :

$$ld = \left[\frac{fy}{1{,}1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \frac{\psi t \cdot \psi e \cdot \psi s}{\frac{Cb + K_{tr}}{db}} \right] \cdot db$$

Dengan,

Fy	= 410 MPa	(mutu baja tulangan)
λ	= 1	(beton normal)
fc’	= 35 MPa	(mutu beton)
ψt	= 1,3	(faktor lokasi penulangan)
ψe	= 1,5	(faktor pelapis)
ψs	= 0,8	(faktor ukuran tulangan)
db	= 19 mm	(diameter tulangan lentur)
K_{tr}	= 0	(indeks tulangan transversal)

Cb yang terkecil dari :

- Jarak pusat tulangan ke permukaan beton terdekat
  $Cb = ts + \emptyset_{tul.\,geser} + {}^{1}/_{2} \cdot db$
  $Cb = 50 + 10 + {}^{1}/_{2} \cdot 19$
  $Cb = 69{,}5\ mm$
- Setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan
  $Cb = Smax + {}^{1}/_{2} \cdot db + {}^{1}/_{2} \cdot db$
  $Cb = 25 + {}^{1}/_{2} \cdot 19 + {}^{1}/_{2} \cdot 19$
  $Cb = 44\ mm$

Maka dipakai Cb = 44 mm

$$ld = \left[\frac{fy}{1{,}1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \frac{\psi t \cdot \psi e \cdot \psi s}{\frac{Cb + K_{tr}}{db}}\right] \cdot db$$

$$ld = \left[\frac{410}{1{,}1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \frac{1{,}3 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}8}{\frac{44 + 0}{19}}\right] \cdot 19$$

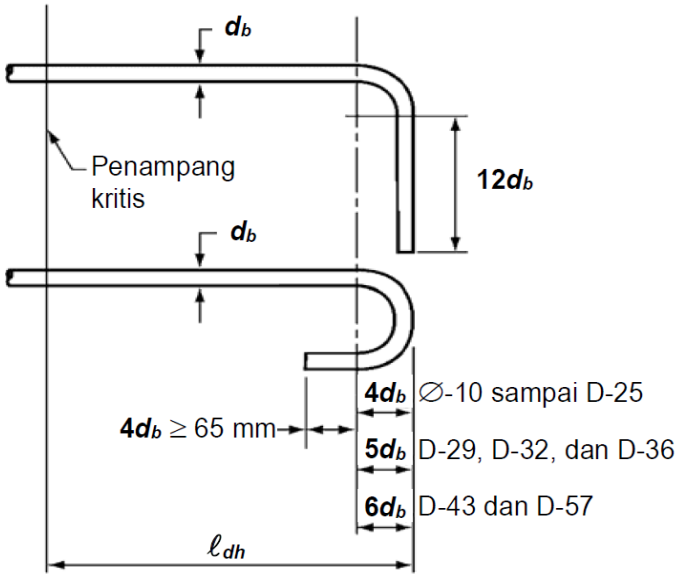
$ld = 806{,}4\ mm$

Maka jarak ld dipakai 850 mm > 300 mm ***(Memenuhi)***

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri kait standar *ldh* ditentukan dari SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1 tidak boleh kurang dari 8·db dan 150 mm.

Detail batang berkait untuk penyaluran kait standart.



Gambar 7. 11 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standart

$$ldh = \frac{fy \cdot db}{5{,}4 \cdot \sqrt{fc}}$$

$$ldh = \frac{410 \cdot 19}{5{,}4 \cdot \sqrt{35}}$$

$$ldh = 243{,}8\ mm$$

Ldh tidak boleh kurang dari :

- $8 \cdot db = 8 \cdot 19$
  $8 \cdot db = 152\ mm$
- 150 mm

Maka dipakai *ldh* = 250 mm ***(Memenuhi)***

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan, *ldc* dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.2. Untuk batang tulangan *ldc* harus diambil sebesar yang terbesar dari:

- $ldc = \frac{0{,}24 \cdot fy \cdot db}{\lambda \cdot \sqrt{fc}}$

  $ldc = \frac{0{,}24 \cdot 410 \cdot 19}{1 \cdot \sqrt{35}}$

  $ldc = 316\ mm$

- $ldc = 0{,}043 \cdot fy \cdot db$

  $ldc = 0{,}043 \cdot 410 \cdot 19$

  $ldc = 335\ mm$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tekan = 340 mm.

7.5.8. Kontrol retak pada balok anak

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

Dimana,

fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

$$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

$$fs = 273{,}3\ MPa$$

$$Cc = t_s + \emptyset\ tul.\ geser$$

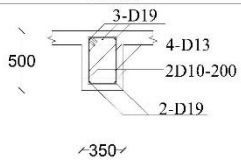
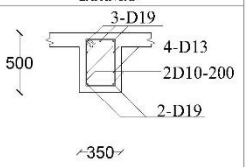
$$Cc = 50 + 10$$

$Cc = 60\ mm$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$
$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 60$$
$$s = 239{,}3\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari
$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$
$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$
$$s = 307{,}3\ mm$$

Jarak antar tulangan di daerah tumpuan = 200 (tidak melebihi 239,3 mm dan 307,3 mm, OK)

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B7)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3-D19	3-D19
TULANGAN SAMPING	4-D13	4-D13
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D10-200	2D10-200

Gambar 7. 12 Detail Penulangan Balok Anak

7.6. Desain Balok Lift

Perhitungan balok lift 35/50 ditinjau pada elevasi +37,1. Berikut ini adalah data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output, dan diagram gaya dalam dari program bantu *SAP 2000*.

7.6.1. Data-data perencanaan tulangan balok

Data-data perencanaan :

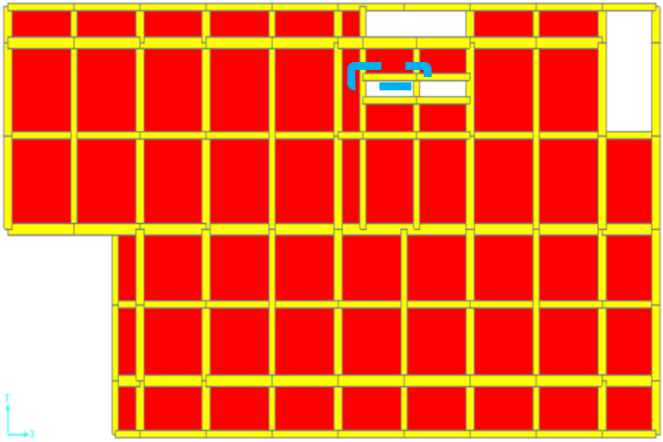
Tipe balok	: 350/500
Bentang balok (L)	: 3.250 mm
Lebar balok (b)	: 350 mm
Tinggi balok (h)	: 500 mm
Kuat tekan beton (fc')	: 35 Mpa
Kuat leleh tul. lentur (fy)	: 410 Mpa
Kuat leleh tul. geser (fyv)	: 410 Mpa
Kuat leleh tul. puntir (fyt)	: 410 Mpa
Diameter tul. lentur (Øl)	: 19 mm
Diameter tul. geser (Øg)	: 13 mm
Diameter tul. puntir (Øp)	: 13 mm
Tebal selimut beton (ts)	: 50 mm
Faktor reduksi kuat lentur	: 0,9 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.7)
Faktor reduksi kuat geser	: 0,75 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)
Faktor reduksi kuat torsi	: 0,75 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)
β1	: 0,8 (SNI 2847:2013 ps. 10.2.7.3)

Tinggi efektif balok (d) = 427,5 mm

$$d = t - t_s - \emptyset_{tul\ geser} - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$

$$d = 500 - 50 - 13 - \frac{19}{2}$$

$$d = 427{,}5\ mm$$



Gambar 7. 13 Detail Balok Lift yang ditinjau

7.6.2. Hasil output dan diagram gaya dalam dari *SAP 2000*

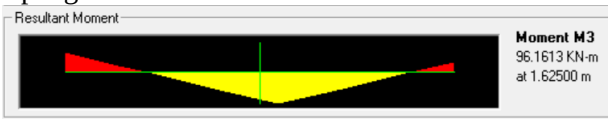
Setelah dilakukan analisa menggunakan *SAP 2000*, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan untuk menghitung penulangan balok. Hasil output *SAP 2000* diambil dari beban kombinasi yaitu 1,2D + 1,6L. Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

Hasil output diagram momen

- Tumpuan

Mu = 72,47 kN.m

- Lapangan



Mu = 96,16 kN.m

Hasil output diagram gaya geser

- Tumpuan

Vu = 107,9 kN

- Lapangan

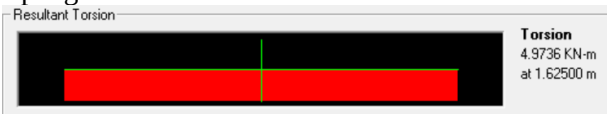
Vu = 99,83 kN

Hasil output diagram torsi

- Tumpuan

Tu = 4,974 kN.m

- Lapangan



Tu = 4,974 kN.m

Hasil output diagram aksial

Pu = 4,793 kN

7.6.3. Syarat komponen struktur lentur

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memeunhi hal berikut ini :

a. Gaya aksial tekan terfaktor tidak boleh melebihi :

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = \frac{350 \cdot 500 \cdot 35}{10}$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 612.500\ N$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 612{,}5\ kN$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terhadap beban kombinasi 1,2D + 1,6L adalah 4,793 kN < 612,5 kN (OK)

b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

d = 427,5 mm
Dimensi balok induk = 500 x 700
Bentang bersih (Ln) = 2.750 mm

$$Ln = L - (2 \cdot \frac{b}{2})$$

$$Ln = 3.250 - (2 \cdot \frac{500}{2})$$

$$Ln = 2.750\ mm$$

$$Ln > 4 \cdot d$$

$$2.750 > 4 \cdot 427{,}5$$

$$2.750\ mm > 1.710\ mm$$ ***(OK)***

c. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3

$$\frac{b}{h} \geq 0{,}3$$

$$\frac{350}{500} \geq 0{,}3$$

$$0{,}7 \geq 0{,}3$$ ***(OK)***

7.6.4. Perhitungan penulangan lentur

Daerah tumpuan

- **Tulangan tarik**

Mu = 72,5 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{72.470.200}{0{,}9}$$

$$Mn = 80.522.444{,}4\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$

$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho b = 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}026$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{80.522.444{,}4}{0{,}8 \cdot 350 \cdot 427{,}5^2}$$
$$Rn = 1{,}57\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 1{,}57}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}0039$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0039	<	0,03

Maka dipakai nilai ρ = 0,0039

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}0039 \cdot 350 \cdot 427{,}5$$
$$As_{perlu} = 590\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 350 \cdot 427{,}5}{410}$$
$$As_{min} = 510{,}9\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 590 mm^2

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{590}{284}$$
$$n = 2{,}08\ buah\ \approx 3\ buah$$

Dipakai tulangan 3 D19

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 3 \cdot 284$$
$$As_{pakai} = 851\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 13) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$
$$s\ max = 83{,}5\ mm \quad > \quad 25\ \text{mm}\ \textbf{\textit{(OK)}}$$

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$
$$a = \frac{851\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 350}$$
$$a = 33{,}5\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$
$$Mn = 851 \cdot 410 \cdot (427{,}5 - \frac{33{,}5}{2})$$
$$Mn = 149.086.481{,}4\ N.mm$$
$$Mn = 149{,}1\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 149{,}1$$
$$\emptyset \cdot Mn = 134{,}2\ kN.m$$

$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

134,2 kN.m > 80,52 kN.m ***(OK)***

- **Tulangan tekan**

$$As' = 0{,}3 \cdot As$$
$$As' = 0{,}3 \cdot 851$$
$$As' = 255\ mm^2$$

$$n = \frac{As'}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{255}{284}$$
$$n = 0{,}9\ buah\ \approx 2\ buah$$

Dipakai tulangan 2 D19

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 2 \cdot 283{,}5$$
$$As_{pakai} = 567\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 13) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$s\,max = 186\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

Jadi penulangan lentur untuk daerah tumpuan dipakai tulangan tarik 3 D19 dan tulangan tekan 2 D19.

Daerah lapangan

- **Tulangan tarik**

  Mu = 96,2 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{96.161.300}{0,9}$$
$$Mn = 106.845.889\ N.mm$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$

$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{106.845.888{,}9}{0{,}8 \cdot 350 \cdot 427{,}5^2}$$
$$Rn = 2{,}09\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 2{,}09}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}0053$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0053	<	0,03

Maka dipakai nilai ρ = 0,0053

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}0053 \cdot 350 \cdot 427{,}5$$
$$As_{perlu} = 791\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 350 \cdot 427{,}5}{410}$$

$As_{min} = 510{,}9\ mm^2$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 791 mm^2

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

$$n = \frac{791}{284}$$

$$n = 2{,}79\ buah\ \approx 3\ buah$$

Dipakai tulangan 3 D19

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$

$$As_{pakai} = 3 \cdot 284$$

$$As_{pakai} = 851\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 13) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$

$s\ max = 83{,}5\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{851\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 350}$$

$$a = 33{,}5\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 851 \cdot 410 \cdot (427{,}5 - \frac{33{,}5}{2})$$

$Mn = 149.086.481{,}4\ N.mm$
$Mn = 149{,}1\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 149{,}1$
$\emptyset \cdot Mn = 134{,}2\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

134,2 kN.m > 80,52 kN.m ***(OK)***

- **Tulangan tekan**

$As' = 0{,}3 \cdot As$
$As' = 0{,}3 \cdot 851$
$As' = 255\ mm^2$

$$n = \frac{As'}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{255}{284}$$
$n = 0{,}9\ buah\ \approx 2\ buah$

Dipakai tulangan 2 D19
$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$
$As_{pakai} = 2 \cdot 283{,}5$
$As_{pakai} = 567\ mm^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 13) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$
$s\ max = 186\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

Jadi penulangan lentur untuk daerah tumpuan dipakai tulangan tarik 3 D19 dan tulangan tekan 2 D19.

Tabel 7. 7 Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Balok Lift

Rekapitulasi					
No	**Keterangan**		**Tulangan**		**As**
					(mm²)
1	Tumpuan	Tarik	3	D19	851
		Tekan	2	D19	567
2	Lapangan	Tarik	3	D19	851
		Tekan	2	D19	567

7.6.5. Perhitungan penulangan geser

Dari hasil output *SAP 2000* didapat :
Vu tumpuan = 107,9 kN = 107.858 N
Vu lapangan = 99,83 kN = 99.826 N

Syarat kuat tekan beton (fc')

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ MPa$

$\sqrt{35} < 8{,}3\ MPa$

$5{,}92\ MPa < 8{,}3\ MPa$ ***(Memenuhi)***

Kuat geser beton

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 427{,}5$

$Vc = 147.532{,}24\ N$

Kuat geser tulangan geser

$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d$

$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot 350 \cdot 427{,}5$

$Vs_{min} = 49.875\ N$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 427{,}5$$

$Vs_{maks} = 295.064{,}48\ N$

$2 \cdot Vs_{maks} = 2 \cdot 295.064{,}48$

$2 \cdot Vs_{maks} = 590.128{,}96\ N$

Daerah tumpuan

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

- Kondisi 1

  $Vu \leq 0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc$

  $107.858 \leq 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 147.532{,}24$

  $107.858\ N \geq 55.324{,}59\ N$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 2

  $0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc$

  $0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 147.532{,}24 \leq 107.858 \leq 0{,}75 \cdot 147.532{,}24$

  $55.324{,}59 \leq 107.858 \leq 110.694{,}18$ ***(Memenuhi)***

- Kondisi 3

  $\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{min})$

  $0{,}75 \cdot 147.532{,}24 \leq 107.858 \leq 0{,}75\ (147.532{,}24 + 49.875)$

  $110.694 > 107.858 > 148.055{,}43$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 4

  $\emptyset \cdot (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{max})$

$0{,}75 \cdot (147.532 + 49.875) \leq 107.858 \leq 0{,}75\ (147.532 + 295.066)$

$148.055{,}4 > 107.858 \leq 331.947{,}5$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 5

$\emptyset \cdot (Vc + Vs_{max}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + 2 \cdot Vs_{max})$

$0{,}75(147.532 + 295.066) \leq 107.858 \leq 0{,}75(147.532 + 2 \cdot 295.066)$

$331.948 > 107.858 \leq 553.246$ ***(Tidak memenuhi)***

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

Direncanakan diameter tulangan geser 13 mm dengan sengkang 2 kaki

$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$Av = 2 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 13^2$

$Av = 265{,}5\ mm^2$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{265{,}5\ \cdot\ 410 \cdot\ 427{,}5}{49.875}$$

$S = 932{,}9\ mm$

Sehingga dipakai 13 D 2 kaki dengan 200 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{265{,}5\ \cdot\ 410 \cdot\ 427{,}5}{200}$$

$Vs = 232.646{,}52\ N$

$Vs = 232{,}6\ kN$

Vs min	<	Vs pakai	
49,88 kN	<	232,6 kN	***(OK)***

- Kontrol jarak spasi sengkang berdasarkan kondisi 2
  $S\ maks \leq \frac{d}{2}$ dan $S\ maks \leq 600\ mm$
  a. $S\ maks \leq \frac{d}{2}$

  $$200 \leq \frac{427{,}5}{2}$$

  $200\ mm \leq 213{,}8\ mm$ ***(OK)***

  b. $S\ maks \leq 600\ mm$
  $200\ mm \leq 600\ mm$ ***(OK)***

Daerah lapangan

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

- Kondisi 1
  $Vu \leq 0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc$
  $99.826\ \leq 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 147.532{,}24$
  $99.826\ \ N \geq 55.324{,}59\ N$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 2
  $0{,}5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc$
  $0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 147.532{,}24 \leq 99.826\ \leq 0{,}75 \cdot 147.532{,}24$
  $55.324{,}59 \leq 99.826\ \leq 110.694{,}18$ ***(Memenuhi)***

- Kondisi 3
  $\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{min})$
  $0{,}75 \cdot 147.532{,}24 \leq 99.826\ \leq 0{,}75\ (147.532{,}24 + 49.875)$
  $110.694 > 99.826 > 148.055{,}43$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 4

$$\emptyset \cdot (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + Vs_{max})$$

$$0{,}75 \cdot (147.532 + 49.875) \leq 99.826\ \leq 0{,}75\ (147.532 + 295.066)$$

$148.055{,}4 > 99.826\ \leq 331.947{,}5$ ***(Tidak memenuhi)***

- Kondisi 5

$$\emptyset \cdot (Vc + Vs_{max}) \leq Vu \leq \emptyset\ (Vc + 2 \cdot Vs_{max})$$

$$0{,}75(147.532 + 295.066) \leq 99.826\ \leq 0{,}75(147.532 + 2 \cdot 295.066)$$

$331.948 > 99.826 \leq 553.246$ ***(Tidak memenuhi)***

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

Direncanakan diameter tulangan geser 13 mm dengan sengkang 2 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 2 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 13^2$$

$$Av = 265{,}5\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{265{,}5\ \cdot\ 410\ \cdot\ 427{,}5}{49.875}$$

$$S = 932{,}9\ mm$$

Sehingga dipakai 13 D 2 kaki dengan 200 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{265{,}5 \cdot 410 \cdot 427{,}5}{200}$$

$$Vs = 232.646{,}52\ N$$

$$Vs = 232{,}6\ kN$$

Vs min	<	Vs pakai	
49,88 kN	<	232,6 kN	***(OK)***

- Kontrol jarak spasi sengkang berdasarkan kondisi 2
  $S\ maks \leq \frac{d}{2}$ dan $S\ maks \leq 600\ mm$

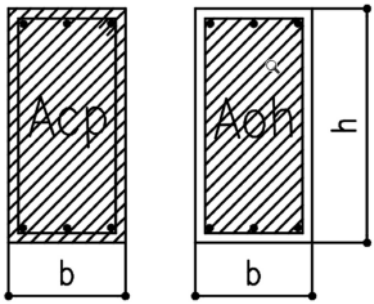
  a. $S\ maks \leq \frac{d}{2}$

  $$200 \leq \frac{427{,}5}{2}$$

  $200\ mm \leq 213{,}8\ mm$ ***(OK)***

  b. $S\ maks \leq 600\ mm$
  $200\ mm \leq 600\ mm$ ***(OK)***

7.6.6. Perhitungan penulangan puntir



Gambar 7. 14 Luasan Acp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$Acp = b \cdot h$

$Acp = 350 \cdot 500$

$Acp = 175.000\ mm^2$

Parameter luar irisan penampang beton Acp :

$\mathrm{P}cp = 2 \cdot (b + h)$

$\mathrm{P}cp = 2 \cdot (350 + 500)$

$\mathrm{P}cp = 1.700\ mm$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$\mathrm{Aoh} = (b_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser})(h_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser})$

$\mathrm{Aoh} = (350 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 13)(500 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 13)$

$\mathrm{Aoh} = 83.776\ mm^2$

Keliling penampang dibatasi as tulangan :

$\mathrm{Poh} = 2 \cdot ((b_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser}))$

$\mathrm{Poh} = 2 \cdot ((350 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 13) + (500 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 13))$

$\mathrm{Poh} = 1.196\ mm$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada *SAP 2000* dengan kombinasi beban 1,2D + 1,6L, Tu = 4,974 kN.m

$$Tn = \frac{Tu}{\varphi}$$

$$Tn = \frac{4.973.600}{0,75}$$

$$Tn = 6.631.466,67\ N.mm$$

$$Tu\ min = \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot (\frac{Acp^2}{Pcp})$$

$$Tu\ min = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot (\frac{175.000^2}{1.700})$$

$$Tu\ min = 6.634.383,22\ N.mm$$

Tu	>	Tu min
4.973.600 N.mm	<	6.634.383,22 N.mm

Karena Tu < Tu min, maka pada penampang balok digunakan penulangan puntir berupa penulangan puntir minimum.

- Cek kecukupan penampang menahan momen puntir

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \emptyset \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{fc}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{107.858}{350 \cdot 427,5}\right)^2 + \left(\frac{6.6634.383 \cdot 1.196}{1,7 \cdot 83.776^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{147.532}{350 \cdot 428} + 0,66 \cdot \sqrt{35}\right)$$

$0,98 \leq 3,67$ ***(OK)***

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

7.6.6.1. Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

Dengan $\frac{At}{s}$ dihitung sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan :

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot Fyt}{s} \cdot \cot \theta$$

Untuk beton non prategang, θ = 45^0

Dimana, $Ao = 0{,}85 \cdot Aoh$

$$Ao = 0{,}85 \cdot 83.776$$

$$Ao = 71.210\ mm^2$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \cdot Ao \cdot Fyt \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{6.631.466{,}67}{2 \cdot 71.210 \cdot 410 \cdot \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = 0{,}11\ mm^2$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$Al = 0{,}11 \cdot 1.196 \cdot \left(\frac{410}{410}\right) \cdot \cot^2 45$$

$Al = 135{,}8\ mm^2$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{fc'} \cdot Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right)$$

Dengan $\frac{At}{s}$ tidak boleh kurang dari $0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt}$

$$0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt} = 0{,}175 \cdot \frac{350}{410}$$

$$0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt} = 0{,}149\ mm$$

$$\frac{At}{s} \quad > \quad \frac{At}{s}\ min$$

0,11 mm < 0,15 mm

Karena $\frac{At}{s}$ kurang dari $\frac{At}{s}$ $minimum$, maka digunakan $\frac{At}{s}$ pakai sebesar 0,15 mm.

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{fc'} \cdot Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right)$$

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{35} \cdot 175.000}{410} - 0{,}149 \cdot 1.196 \cdot \left(\frac{410}{410}\right)$$

$$Al\ min = 881{,}9\ mm^2$$

Al perlu < Al min

135,8 mm^2 < 881,9 mm^2

Karena Al perlu < Al min, maka dipakai Al min = 881,9 mm^2.

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang (longitudinal) dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{881,9}{4}$$

$$\frac{Al}{4} = 220\ mm^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

- Penulangan pada sisi atas disalurkan pada tulangan tekan.
- Penulangan pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tarik.

Maka luasan akhir = 441 mm^2

$$As = 2 \cdot \frac{Al}{4}$$

$$As = 2 \cdot 220,5$$

$$As = 441\ mm^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi samping)

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ puntir}$$

$$n = \frac{441}{132,7}$$

$n = 3{,}32\ buah\ \approx 4\ buah$
Dipakai tulangan 4 D13

- Kontrol luasan tulangan puntir
$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ puntir$
$As_{pakai} = 4 \cdot 132{,}7$
$As_{pakai} = 531\ mm^2$

As pasang	>	As perlu
531 mm^2	>	441 mm^2

7.6.6.2. Tulangan puntir untuk geser

Daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{232.645{,}5}{410 \cdot 427{,}5}$$

$$\frac{Av}{s} = 1{,}33\ mm$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 1{,}33 + 2 \cdot 0{,}149$$

$$\frac{Avt}{s} = 1{,}63\ mm$$

Untuk tulangan sengkang sebelum torsi adalah 2 kaki D13-200

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{265}{200}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 1{,}33\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$	>	$\frac{Avt}{s}$	
1,33 mm	<	1,63 mm	***(No OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ < $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang belum mampu menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D13-150

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{265}{150}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 1{,}77\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$	>	$\frac{Avt}{s}$	
1,77 mm	>	1,63 mm	***(OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang mampu menahan gaya geser dan gaya torsi. Jadi tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D13-150.

Daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{232.645{,}5}{410 \cdot 427{,}5}$$

$$\frac{Av}{s} = 1{,}33\ mm$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 1{,}33 + 2 \cdot 0{,}149$$

$$\frac{Avt}{s} = 1{,}63\ mm$$

Untuk tulangan sengkang sebelum torsi adalah 2 kaki D13-200

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{265}{200}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 1{,}33\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$	>	$\frac{Avt}{s}$	
1,33 mm	<	1,63 mm	***(No OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s} < \frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang belum mampu menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 2 kaki D13-150

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{265}{150}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 1{,}77\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$	>	$\frac{Avt}{s}$	
1,77 mm	>	1,63 mm	***(OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s} > \frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang mampu menahan gaya geser dan gaya torsi.

Jadi tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 2 kaki D13-150.

7.6.7. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan disetiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 12.2.1)

- Perhitungan panjang penyaluran :

$$ld = \left[\frac{fy}{1{,}1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \frac{\psi t \cdot \psi e \cdot \psi s}{\frac{Cb + K_{tr}}{db}} \right] \cdot db$$

Dengan,

Fy	= 410 MPa	(mutu baja tulangan)
λ	= 1	(beton normal)
fc’	= 35 MPa	(mutu beton)
ψt	= 1,3	(faktor lokasi penulangan)
ψe	= 1,5	(faktor pelapis)
ψs	= 0,8	(faktor ukuran tulangan)
db	= 19 mm	(diameter tulangan lentur)
K_{tr}	= 0	(indeks tulangan transversal)

Cb yang terkecil dari :

- Jarak pusat tulangan ke permukaan beton terdekat
  $Cb = ts + \emptyset_{tul.geser} + {}^{1}/_{2} \cdot db$
  $Cb = 50 + 13 + {}^{1}/_{2} \cdot 19$
  $Cb = 72{,}5\ mm$
- Setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan
  $Cb = Smax + {}^{1}/_{2} \cdot db + {}^{1}/_{2} \cdot db$
  $Cb = 25 + {}^{1}/_{2} \cdot 19 + {}^{1}/_{2} \cdot 19$
  $Cb = 44\ mm$

Maka dipakai Cb = 44 mm

$$ld = \left[\frac{fy}{1{,}1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \frac{\psi t \cdot \psi e \cdot \psi s}{\frac{Cb + K_{tr}}{db}}\right] \cdot db$$

$$ld = \left[\frac{410}{1{,}1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \frac{1{,}3 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}8}{\frac{44 + 0}{19}}\right] \cdot 19$$

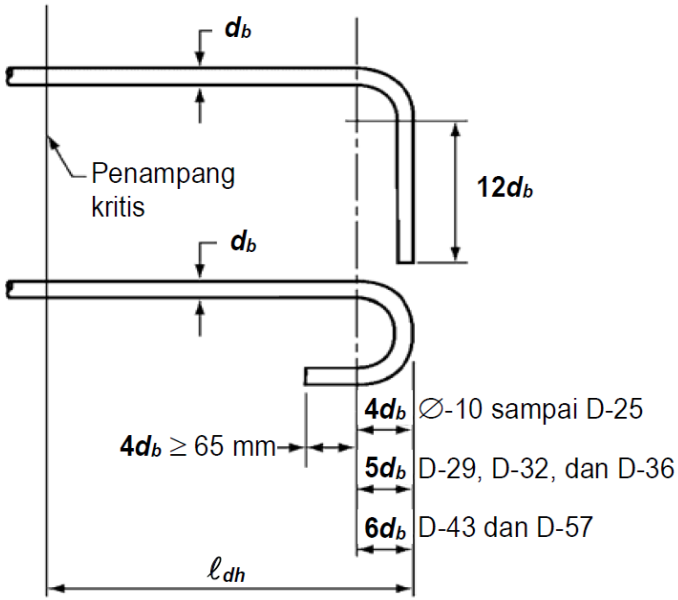
$ld = 806{,}4\ mm$

Maka jarak ld dipakai 850 mm > 300 mm ***(Memenuhi)***

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri kait standar *ldh* ditentukan dari SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1 tidak boleh kurang dari 8·db dan 150 mm.

Detail batang berkait untuk penyaluran kait standart.



Gambar 7. 15 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standart

$$ldh = \frac{fy \cdot db}{5{,}4 \cdot \sqrt{fc}}$$

$$ldh = \frac{410 \cdot 19}{5{,}4 \cdot \sqrt{35}}$$

$$ldh = 243{,}8\ mm$$

Ldh tidak boleh kurang dari :

- $8 \cdot db = 8 \cdot 19$
  $8 \cdot db = 152\ mm$
- 150 mm

Maka dipakai *ldh* = 250 mm ***(Memenuhi)***

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan, *ldc* dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.2. Untuk batang tulangan *ldc* harus diambil sebesar yang terbesar dari:

- $ldc = \frac{0{,}24 \cdot fy \cdot db}{\lambda \cdot \sqrt{fc}}$

  $ldc = \frac{0{,}24 \cdot 410 \cdot 19}{1 \cdot \sqrt{35}}$

  $ldc = 316\ mm$

- $ldc = 0{,}043 \cdot fy \cdot db$

  $ldc = 0{,}043 \cdot 410 \cdot 19$

  $ldc = 335\ mm$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tekan = 340 mm.

7.6.8. Kontrol retak pada balok lift

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

Dimana,

fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

$$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

$$fs = 273{,}3\ MPa$$

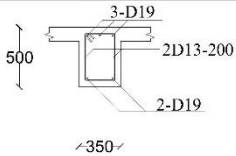
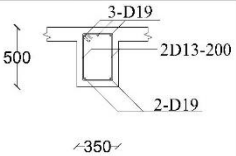
$$Cc = t_s + \emptyset\ tul.\ geser$$

$$Cc = 50 + 13$$

$Cc = 63\ mm$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$
$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 63$$
$$s = 231{,}8\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari
$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$
$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$
$$s = 307{,}3\ mm$$
Jarak antar tulangan di daerah tumpuan = 200 (tidak melebihi 231,8 mm dan 307,3 mm, OK)

TIPE BALOK	BALOK LIFT (BL)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3-D19	3-D19
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D13-200	2D13-200

Gambar 7. 16 Detail Penulangan Balok Lift

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB VIII

PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

8.1. Umum

Struktur primer memegang peran penting dalam kekuatan suatu gedung. Berdasarkan nilai Kategori Desain Seismik (KDS) gedung medik dalam tugas akhir terapan ini termasuk Kategori Desain Seismik D maka struktur primer didesain menggunakan aturan perencanaan beton untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Struktur yang direncanakan yaitu :

1. Balok induk
2. Kolom
3. Hubungan Balok – Kolom (HBK)

8.2. Desain Balok Induk

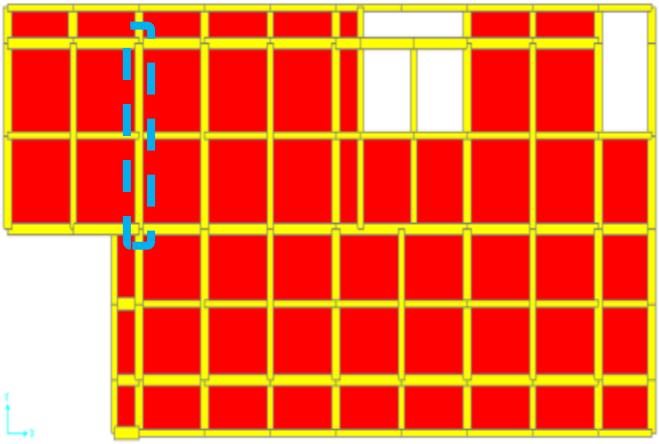
Perhitungan balok induk 50/70 ditinjau pada elevasi +4,20 pada As 2. Berikut ini adalah data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari program bantu *SAP 2000*.

8.2.1. Data-data perencanaan tulangan balok

Data-data perencanaan :

Tipe balok	: 500/700
Bentang balok (L)	: 8.000 mm
Lebar balok (b)	: 500 mm
Tinggi balok (h)	: 700 mm
Kuat tekan beton (fc’)	: 35 Mpa
Kuat leleh tul. lentur (fy)	: 410 Mpa
Kuat leleh tul. geser (fyv)	: 410 Mpa
Kuat leleh tul. puntir (fyt)	: 410 Mpa
Diameter tul. lentur (Øl)	: 25 mm
Diameter tul. geser (Øg)	: 13 mm
Diameter tul. puntir (Øp)	: 16 mm

Tebal selimut beton (ts) : 70 mm
Faktor reduksi kuat lentur : 0,9 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.7)
Faktor reduksi kuat geser : 0,75 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)
Faktor reduksi kuat torsi : 0,75 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)
β1 : 0,8 (SNI 2847:2013 ps. 10.2.7.3)



Gambar 8. 1 Detail Balok Induk yang ditinjau

Tinggi efektif balok (d) = 604,5 mm

$$d = t - t_s - \emptyset_{tul\ geser} - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$$

$$d = 700 - 70 - 13 - \frac{25}{2}$$

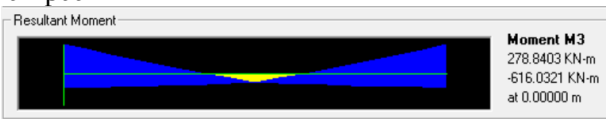
$$d = 604{,}5\ mm$$

8.2.2. Hasil output dan diagram gaya dalam *SAP 2000*

Setelah dilakukan analisa menggunakan *SAP 2000*, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan untuk menghitung penulangan balok. Hasil output *SAP 2000* diambil dari beban kombinasi terbesar *(envelope)*. Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

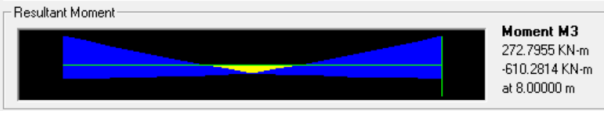
Hasil output diagram momen

- Tumpuan kiri



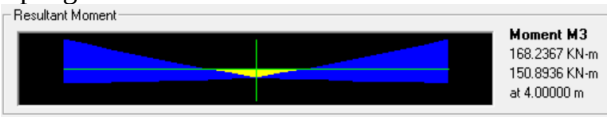
Mu- = 616 kN.m
Mu+ = 278,8 kN.m

- Tumpuan kanan



Mu- = 610,3 kN.m
Mu+ = 272,8 kN.m

- Lapangan



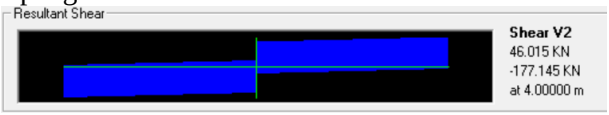
Mu = 168,2 kN.m

Hasil output diagram gaya geser

- Tumpuan

Vu = 209,5 kN

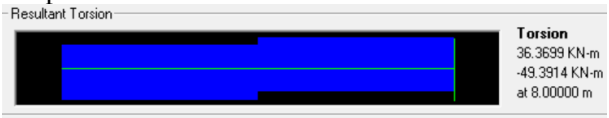
- Lapangan



Vu = 46,02 kN

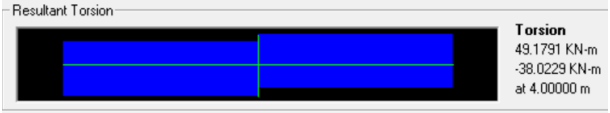
Hasil output diagram torsi

- Tumpuan



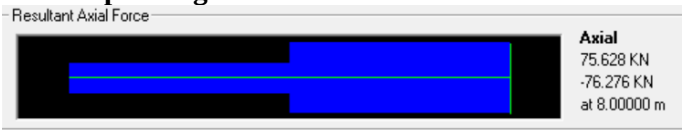
Tu = 49,39 kN.m

- Lapangan



Tu = 38,02 kN.m

Hasil output diagram aksial



Pu = 76,28 kN

Tabel 8. 1 Momen Envelope pada Balok Akibat Beban Gravitasi dan Beban Gempa

Kondisi	**Lokasi**	**Arah Goyangan**	**Mu (kN.m)**
1	Tumpuan kanan (-)	Kanan	610,28
2	Tumpuan kiri (-)	Kiri	616,03
3	Tumpuan kiri (+)	Kanan	278,84
4	Tumpuan kanan (+)	Kiri	272,80
5	Lapangan	Kanan & kiri	168,24

8.2.3. Syarat komponen struktur lentur

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memeunhi hal berikut ini :

a. Gaya aksial tekan terfaktor tidak boleh melebihi :

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = \frac{500 \cdot 700 \cdot 35}{10}$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 1.225.000\ N$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 1.225\ kN$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terhadap beban kombinasi terbesar adalah 76,28 kN < 1.225 kN (OK)

b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

d = 604,5 mm
Dimensi kolom 1 = 850 x 850
Bentang bersih (Ln) = 7.150 mm

$$Ln = L - (\frac{b}{2} + \frac{h}{2})$$

$$Ln = 8.000 - (\frac{850}{2} + \frac{850}{2})$$

$$Ln = 7.150\ mm$$

$$Ln > 4 \cdot d$$

$$7.150 > 4 \cdot 604{,}5$$

$$7.150\ mm > 2.418\ mm$$ ***(OK)***

c. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3

$$\frac{b}{h} \geq 0{,}3$$

$$\frac{500}{700} \geq 0{,}3$$

$$0{,}71 \geq 0{,}3$$ ***(OK)***

8.2.4. Perhitungan penulangan lentur

1. Kondisi 1 (Momen negatif tumpuan kanan, goyangan ke kanan)

Mu- = 610,28 kN.m

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + fy}\right) \cdot d$$

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + 410}\right) \cdot 604{,}5$$

$$Xb = 359{,}11\ mm$$

$$X\ max = 0{,}75 \cdot Xb$$

$$X\ max = 0{,}75 \cdot 359{,}11$$

$$X\ max = 269{,}33\ mm$$

$$X\ min = h - d$$

$$X\ min = 700 - 640{,}5$$

$$X\ min = 95{,}50\ mm$$

X rencana = 150 mm

$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy}$$

$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35 \cdot 500 \cdot 150}{410}$$

$$Asc = 4.353{,}66\ mm^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta 1 \cdot X}{2}\right)$$
$$Mnc = 4.353{,}66 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{0{,}8 \cdot 150}{2}\right)$$
$$Mnc = 971.932.500\ N.mm$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{610.281.400}{0{,}9}$$
$$Mn = 678.090.444{,}4\ N.mm$$

$$Mn - Mnc = 678.090.444{,}44 - 971.932.500$$
$$Mn - Mnc = -293.842.056\ N.mm < 0$$
(Tidak perlu tulangan tekan, tulangan tunggal)

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$$
$$\rho_{maks} = 0{,}026$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$

$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{678.080.444{,}44}{0{,}8 \cdot 500 \cdot 604{,}5^2}$$
$$Rn = 4{,}64\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 4{,}64}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}0124$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0124	<	0,026

Maka dipakai nilai ρ = 0,0124

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}0124 \cdot 500 \cdot 604{,}5$$
$$As_{perlu} = 3.739\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 500 \cdot 604{,}5}{410}$$

$As_{min} = 1.032\ mm^2$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 3.739 mm^2

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

$$n = \frac{3.739}{490{,}9}$$

$$n = 7{,}62\ buah\ \approx 8\ buah$$

Dipakai tulangan 8 D25

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$

$$As_{pakai} = 8 \cdot 490{,}9$$

$$As_{pakai} = 3.927\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{500 - (2 \cdot 70) - (2 \cdot 13) - (8 \cdot 25)}{8 - 1}$$

$s\ max = 19{,}14\ mm$ < 25 mm ***(No OK)***

Karena tulangan 8 D25 tidak cukup dipasang satu lapis, maka akan dipasang dua lapis dengan 4 tulangan di atas dan 4 tulangan di bawah.

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{500 - (2 \cdot 70) - (2 \cdot 13) - (4 \cdot 25)}{4 - 1}$$

$s\ max = 78\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang
  Tinggi efektif balok aktual (d)
  $d = t - t_s - \emptyset_{tul\ geser} - \emptyset_{tul\ utama} - x$
  $d = 700 - 70 - 13 - 25 - \frac{4}{8} \cdot 25$
  $d = 579{,}5\ mm$

  $a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$
  $a = \frac{3.927\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 500}$
  $a = 108{,}2\ mm$

  $Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$
  $Mn = 3.927 \cdot 410 \cdot (579{,}5 - \frac{108{,}2}{2})$
  $Mn = 933.033.329\ N.mm$
  $Mn = 933\ kN.m$

  $\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 933$
  $\emptyset \cdot Mn = 839{,}7\ kN.m$

  $\emptyset \cdot Mn$ > Mn

  839,7 kN.m > 678,1 kN.m ***(OK)***

- Cek penampang *tension-controlled*
  $\frac{a}{d} < 0{,}375 \cdot \beta 1$
  $\frac{108{,}2}{579{,}5} < 0{,}375 \cdot 0{,}8$
  $0{,}187 < 0{,}3$ ***(OK, desain tulangan under-reinforced)***

2. Kondisi 2 (Momen negatif tumpuan kiri, goyangan ke kiri)

Mu- = 616,03 kN.m

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + fy}\right) \cdot d$$
$$Xb = \left(\frac{600}{600 + 410}\right) \cdot 604{,}5$$
$$Xb = 359{,}11\ mm$$

$$X\ max = 0{,}75 \cdot Xb$$
$$X\ max = 0{,}75 \cdot 359{,}11$$
$$X\ max = 269{,}33\ mm$$

$$X\ min = h - d$$
$$X\ min = 700 - 640{,}5$$
$$X\ min = 95{,}50\ mm$$

X rencana = 150 mm

$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy}$$
$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35 \cdot 500 \cdot 150}{410}$$
$$Asc = 4.353{,}66\ mm^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta 1 \cdot X}{2}\right)$$
$$Mnc = 4.353{,}66 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{0{,}8 \cdot 150}{2}\right)$$
$$Mnc = 971.932.500\ N.mm$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$

$$Mn = \frac{616.032.100}{0,9}$$
$$Mn = 684.480.111,1\ N.mm$$

$$Mn - Mnc = 684.480.111,1 - 971.932.500$$
$$Mn - Mnc = -287.452.389\ N.mm < 0$$
(Tidak perlu tulangan tekan, tulangan tunggal)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{684.480.111,1}{0,8 \cdot 500 \cdot 604,5^2}$$

$Rn = 4{,}68\ N/mm^2$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 4{,}68}{410}})$$

$$\rho_{perlu} = 0{,}0125$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0125	<	0,026

Maka dipakai nilai ρ = 0,0125

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}0125 \cdot 500 \cdot 604{,}5$$
$$As_{perlu} = 3.777\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 500 \cdot 604{,}5}{410}$$
  $$As_{min} = 1.032\ mm^2$$

  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 3.777 mm^2

  $$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

$$n = \frac{3.777}{490,9}$$
$$n = 7,69\ buah\ \approx 8\ buah$$

Dipakai tulangan 8 D25

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 8 \cdot 490,9$$
$$As_{pakai} = 3.927\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{500 - (2 \cdot 70) - (2 \cdot 13) - (8 \cdot 25)}{8 - 1}$$
$$s\ max = 305,4\ mm > 25\ \text{mm}\ \textbf{\textit{(OK)}}$$

Karena tulangan 8 D25 tidak cukup dipasang satu lapis, maka akan dipasang dua lapis dengan 4 tulangan di atas dan 4 tulangan di bawah.

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{500 - (2 \cdot 70) - (2 \cdot 13) - (4 \cdot 25)}{4 - 1}$$
$$s\ max = 78\ mm > 25\ \text{mm}\ \textbf{\textit{(OK)}}$$

- Kontrol kemampuan penampang

Tinggi efektif balok aktual (d)

$$d = t - t_s - \emptyset_{tul\ geser} - \emptyset_{tul\ utama} - x$$
$$d = 700 - 70 - 13 - 25 - \frac{4}{8} \cdot 25$$
$$d = 579,5\ mm$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot b}$$
$$a = \frac{3.927 \cdot 410}{0{,}85 \cdot 35 \cdot 500}$$
$$a = 108{,}2\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$
$$Mn = 3.927 \cdot 410 \cdot (579{,}5 - \frac{108{,}2}{2})$$
$$Mn = 933.033.329\ N.mm$$
$$Mn = 933\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 933$$

$$\emptyset \cdot Mn = 839{,}7\ kN.m$$

$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

839,7 kN.m > 684,5 kN.m ***(OK)***

- Cek penampang *tension-controlled*
  $$\frac{a}{d} < 0{,}375 \cdot \beta 1$$
  $$\frac{108{,}2}{579{,}5} < 0{,}375 \cdot 0{,}8$$
  $0{,}187 < 0{,}3$ ***(OK, desain tulangan under-reinforced)***

3. Kondisi 3 (Momen positif tumpuan kiri, goyangan ke kanan)

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2, kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.

Mu+ = 278,84 kN.m

$$\frac{1}{2} \cdot Mu - \geq Mu +$$
$$\frac{1}{2} \cdot 875{,}96 \geq 278{,}84$$
$$438\ kN.m \geq 278{,}84\ kN.m$$

Karena 438 kN.m > 278,84 kN.m, maka yang dipakai adalah Mu = 438 kN.m

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + fy}\right) \cdot d$$
$$Xb = \left(\frac{600}{600 + 410}\right) \cdot 604{,}5$$
$$Xb = 359{,}11\ mm$$

$$X\ max = 0{,}75 \cdot Xb$$
$$X\ max = 0{,}75 \cdot 359{,}11$$
$$X\ max = 269{,}33\ mm$$

$$X\ min = h - d$$
$$X\ min = 700 - 640{,}5$$
$$X\ min = 95{,}50\ mm$$

X rencana = 150 mm

$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy}$$
$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35 \cdot 500 \cdot 150}{410}$$
$$Asc = 4.353{,}66\ mm^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta 1 \cdot X}{2}\right)$$
$$Mnc = 4.353{,}66 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{0{,}8 \cdot 150}{2}\right)$$

$Mnc = 971.932.500\ N.mm$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{437.978.243,2}{0,9}$$
$$Mn = 486.642.492,5\ N.mm$$

$$Mn - Mnc = 486.642.492,5 - 971.932.500$$
$$Mn - Mnc = -485.290.008\ N.mm < 0$$
(Tidak perlu tulangan tekan, tulangan tunggal)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{486.642.492{,}5}{0{,}8 \cdot 500 \cdot 604{,}5^2}$$
$$Rn = 3{,}33\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 3{,}33}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}0125$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,009	<	0,026

Maka dipakai nilai ρ = 0,009

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}009 \cdot 500 \cdot 604{,}5$$
$$As_{perlu} = 2.610\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
  $$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 500 \cdot 604{,}5}{410}$$
  $$As_{min} = 1.032\ mm^2$$

  Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 2.610 mm^2

$$n = \frac{As}{L\,\emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{2.610}{490{,}9}$$
$$n = 5{,}32\ buah\ \approx 6\ buah$$

Dipakai tulangan 6 D25

$$As_{pakai} = n \cdot L\,\emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 6 \cdot 490{,}9$$
$$As_{pakai} = 2.945\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$
$$s\ max = \frac{500 - (2 \cdot 70) - (2 \cdot 13) - (6 \cdot 25)}{6 - 1}$$
$$s\ max = 36{,}8\ mm \quad > \quad 25\ \text{mm}\ \textbf{\textit{(OK)}}$$

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$
$$a = \frac{2.945\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 500}$$
$$a = 81{,}18\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$
$$Mn = 2.945 \cdot 410 \cdot (604{,}5 - \frac{81{,}8}{2})$$
$$Mn = 729.963.738{,}7\ N.mm$$
$$Mn = 730\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 730$$
$$\emptyset \cdot Mn = 657\ kN.m$$

$\emptyset \cdot Mn$	>	Mn
657 kN.m	>	486,6 kN.m ***(OK)***

- Cek penampang *tension-controlled*
  $\frac{a}{d} < 0{,}375 \cdot \beta 1$
  $\frac{81{,}18}{604{,}5} < 0{,}375 \cdot 0{,}8$
  $0{,}134 < 0{,}3$ ***(OK, desain tulangan under-reinforced)***

4. Kondisi 4 (Momen positif tumpuan kanan, goyangan ke kiri)

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2, kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.
Mu+ = 272,80 kN.m

$$\frac{1}{2} \cdot Mu- \geq Mu+$$
$$\frac{1}{2} \cdot 875{,}96 \geq 272{,}80$$
$$438\ kN.m \geq 278{,}80\ kN.m$$

Karena 438 kN.m > 272,80 kN.m, maka yang dipakai adalah Mu = 438 kN.m

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + fy}\right) \cdot d$$
$$Xb = \left(\frac{600}{600 + 410}\right) \cdot 604{,}5$$
$$Xb = 359{,}11\ mm$$

$X\,max = 0{,}75 \cdot Xb$
$X\,max = 0{,}75 \cdot 359{,}11$
$X\,max = 269{,}33\ mm$

$X\,min = h - d$
$X\,min = 700 - 640{,}5$
$X\,min = 95{,}50\ mm$

X rencana = 150 mm

$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy}$$
$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35 \cdot 500 \cdot 150}{410}$$
$$Asc = 4.353{,}66\ mm^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta 1 \cdot X}{2}\right)$$
$$Mnc = 4.353{,}66 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{0{,}8 \cdot 150}{2}\right)$$
$$Mnc = 971.932.500\ N.mm$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{437.978.243{,}2}{0{,}9}$$
$$Mn = 486.642.492{,}5\ N.mm$$

$Mn - Mnc = 486.642.492{,}5 - 971.932.500$
$Mn - Mnc = -485.290.008\ N.mm < 0$
(Tidak perlu tulangan tekan, tulangan tunggal)

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0,003$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,034$$
$$\rho_{maks} = 0,026$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0,85 \cdot 35}$$
$$m = 13,78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{486.642.492,5}{0,8 \cdot 500 \cdot 604,5^2}$$
$$Rn = 3,33\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,78 \cdot 3,33}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0,0125$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,009	<	0,026

Maka dipakai nilai ρ = 0,009

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}009 \cdot 500 \cdot 604{,}5$$
$$As_{perlu} = 2.610\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$
$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 500 \cdot 604{,}5}{410}$$
$$As_{min} = 1.032\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 2.610 mm^2

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$
$$n = \frac{2.610}{490{,}9}$$
$$n = 5{,}32\ buah\ \approx 6\ buah$$

Dipakai tulangan 6 D25

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$
$$As_{pakai} = 6 \cdot 490{,}9$$
$$As_{pakai} = 2.945\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\,max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\,max = \frac{500 - (2 \cdot 70) - (2 \cdot 13) - (6 \cdot 25)}{6 - 1}$$

$s\,max = 36{,}8\ mm$ > 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{2.945\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 500}$$

$a = 81{,}18\ mm$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 2.945 \cdot 410 \cdot (604{,}5 - \frac{81{,}8}{2})$$

$Mn = 729.963.738{,}7\ N.mm$

$Mn = 730\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 730$

$\emptyset \cdot Mn = 657\ kN.m$

$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

657 kN.m > 486,6 kN.m ***(OK)***

- Cek penampang *tension-controlled*

$$\frac{a}{d} < 0{,}375 \cdot \beta 1$$

$$\frac{81{,}18}{604{,}5} < 0{,}375 \cdot 0{,}8$$

$0{,}134 < 0{,}3$ ***(OK, desain tulangan under-reinforced)***

5. **Kondisi 5 (Momen lapangan, goyangan ke kanan dan ke kiri)**

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2, baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari ¼ (seperempat) kuat lentur terbesar yang disediakan pada keuda muka kolom tersebut.

Mu = 168,24 kN.m

$$\frac{1}{4} \cdot Mu\ max \geq Mu$$
$$\frac{1}{4} \cdot 875{,}96 \geq 168{,}24$$
$$219\ kN.m \geq 168{,}24\ kN.m$$

Karena 219 kN.m > 168,24 kN.m, maka yang dipakai adalah Mu = 219 kN.m

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + fy}\right) \cdot d$$
$$Xb = \left(\frac{600}{600 + 410}\right) \cdot 604{,}5$$
$$Xb = 359{,}11\ mm$$

$$X\ max = 0{,}75 \cdot Xb$$
$$X\ max = 0{,}75 \cdot 359{,}11$$
$$X\ max = 269{,}33\ mm$$

$$X\ min = h - d$$
$$X\ min = 700 - 640{,}5$$
$$X\ min = 95{,}50\ mm$$

X rencana = 150 mm

$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy}$$

$$Asc = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35 \cdot 500 \cdot 150}{410}$$
$$Asc = 4.353{,}66\ mm^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta 1 \cdot X}{2}\right)$$
$$Mnc = 4.353{,}66 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{0{,}8 \cdot 150}{2}\right)$$
$$Mnc = 971.932.500\ N.mm$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi}$$
$$Mn = \frac{218.989.121{,}6}{0{,}9}$$
$$Mn = 243.321.246{,}2\ N.mm$$

$$Mn - Mnc = 242.321.246{,}2 - 971.932.500$$
$$Mn - Mnc = -728.611.254\ N.mm < 0$$
(Tidak perlu tulangan tekan, tulangan tunggal)

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$
$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{410}$$
$$\rho_{min} = 0{,}003$$

$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot \beta 1 \cdot fc'}{fy} \frac{600}{(600 + fy)}$$
$$\rho b = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 35}{410} \frac{600}{(600 + 410)}$$
$$\rho b = 0{,}034$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot \rho b$$
$$\rho_{maks} = 0{,}75 \cdot 0{,}034$$

$\rho_{maks} = 0{,}026$

$$m = \frac{fy}{0{,}85 \cdot fc'}$$
$$m = \frac{410}{0{,}85 \cdot 35}$$
$$m = 13{,}78$$

$$Rn = \frac{Mn}{0{,}8 \cdot b \cdot d^2}$$
$$Rn = \frac{243.321.246{,}2}{0{,}8 \cdot 500 \cdot 604{,}5^2}$$
$$Rn = 1{,}66\ N/mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$$
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13{,}78}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13{,}78 \cdot 1{,}66}{410}})$$
$$\rho_{perlu} = 0{,}0042$$

ρ_{min}, ρ_{perlu}, ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

ρ_{min}	<	ρ_{perlu}	<	ρ_{max}
0,003	<	0,0042	<	0,026

Maka dipakai nilai ρ = 0,0042

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$As_{perlu} = 0{,}0042 \cdot 500 \cdot 604{,}5$$
$$As_{perlu} = 1.264\ mm^2$$

- Cek tulangan minimum :

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot bw \cdot d}{fy}$$

$$As_{min} = \frac{1{,}4 \cdot 500 \cdot 604{,}5}{410}$$

$$As_{min} = 1.032\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1, As yang tersedia tidak boleh kurang dari As_{min}, maka diambil nilai As = 1.264 mm^2

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ utama}$$

$$n = \frac{1.264}{490{,}9}$$

$$n = 2{,}57\ buah\ \approx 3\ buah$$

Dipakai tulangan 3 D25

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ utama$$

$$As_{pakai} = 3 \cdot 490{,}9$$

$$As_{pakai} = 1.473\ mm^2$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$s\ max = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset\ tul\ geser) - (n \cdot \emptyset\ tul\ lentur)}{n - 1}$$

$$s\ max = \frac{500 - (2 \cdot 70) - (2 \cdot 13) - (3 \cdot 25)}{3 - 1}$$

$s\ max = 129{,}5\ mm >$ 25 mm ***(OK)***

- Kontrol kemampuan penampang

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{1.473\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 500}$$

$$a = 40{,}59\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$
$$Mn = 1.473 \cdot 410 \cdot (604{,}5 - \frac{40{,}59}{2})$$
$$Mn = 364.981.869{,}3\ N.mm$$
$$Mn = 365\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 365$$
$$\emptyset \cdot Mn = 328{,}5\ kN.m$$

$\emptyset \cdot Mn$ > Mn

328,5 kN.m > 243,3 kN.m ***(OK)***

- Cek penampang *tension-controlled*

$$\frac{a}{d} < 0{,}375 \cdot \beta 1$$
$$\frac{40{,}59}{604{,}5} < 0{,}375 \cdot 0{,}8$$
$0{,}067 < 0{,}3$ ***(OK, desain tulangan under-reinforced)***

Tabel 8. 2 Konfigurasi Penulangan Balok Induk

Kondisi	**Lokasi**	**Arah Goyangan**	**Tulangan**		**As pakai**
					(mm²)
1	Tumpuan kanan (-)	Kanan	8	D25	3.927
2	Tumpuan kiri (-)	Kiri	8	D25	3.297
3	Tumpuan kiri (+)	Kanan	6	D25	2.945

4	Tumpuan kanan (+)	Kiri	6	D25	2.945
5	Lapangan	Kanan & kiri	3	D25	1.473

8.2.5. Perhitungan penulangan geser

8.2.5.1. Menghitung momen probable

a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan.

$$A_{pr-1} = \frac{1{,}25 \cdot As \cdot fy}{0{,}85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$A_{pr-1} = \frac{1{,}25 \cdot 3.927 \cdot 410}{0{,}85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$A_{pr-1} = 135{,}3\ mm$$

$$M_{pr-1} = 1{,}25 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{A_{pr-1}}{2}\right)$$

$$M_{pr-1} = 1{,}25 \cdot 3.927 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{135{,}3}{2}\right)$$

$$M_{pr-1} = 1.216.606.231\ N.mm$$

$$M_{pr-1} = 1.216{,}6\ kN.m$$

$$A_{pr-3} = \frac{1{,}25 \cdot As \cdot fy}{0{,}85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$A_{pr-3} = \frac{1{,}25 \cdot 2.945 \cdot 410}{0{,}85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$A_{pr-3} = 101{,}47\ mm$$

$$M_{pr-3} = 1{,}25 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{A_{pr-3}}{2}\right)$$

$$M_{pr-3} = 1{,}25 \cdot 2.945 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{101{,}47}{2}\right)$$

$$M_{pr-3} = 912.454.673{,}4\ N.mm$$

$$M_{pr-3} = 912{,}45\ kN.m$$

b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri.

$$A_{pr-2} = \frac{1{,}25 \cdot As \cdot fy}{0{,}85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$A_{pr-2} = \frac{1{,}25 \cdot 3.927 \cdot 410}{0{,}85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$A_{pr-2} = 135{,}3\ mm$$

$$M_{pr-2} = 1{,}25 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{A_{pr-2}}{2}\right)$$

$$M_{pr-2} = 1{,}25 \cdot 3.927 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{135{,}3}{2}\right)$$

$$M_{pr-2} = 1.216.606.231\ N.mm$$

$$M_{pr-2} = 1.216{,}6\ kN.m$$

$$A_{pr-4} = \frac{1{,}25 \cdot As \cdot fy}{0{,}85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$A_{pr-4} = \frac{1{,}25 \cdot 2.945 \cdot 410}{0{,}85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$A_{pr-4} = 101{,}47\ mm$$

$$M_{pr-4} = 1{,}25 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{A_{pr-4}}{2}\right)$$

$$M_{pr-4} = 1{,}25 \cdot 2.945 \cdot 410 \cdot \left(640{,}5 - \frac{101{,}47}{2}\right)$$

$$M_{pr-4} = 912.454.673{,}4\ N.mm$$

$$M_{pr-4} = 912{,}45\ kN.m$$

8.2.5.2. Menghitung gaya geser rencana

1. Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi (Vg)
   Dengan analisi menggunakan *SAP 2000* didapatkan :

Gambar 8. 2 Diagram Geser Akibat Kombinasi Envelope pada Balok

Berdasarkan gambar di atas, Vu = Vg = 209,5 kN. Sehingga, *wu* dapat dicari menggunakan rumus :

$$Vg = \frac{wu \cdot ln}{2}$$

$$wu = \frac{Vg \cdot 2}{ln}$$
$$wu = \frac{209{,}5 \cdot 2}{7{,}15}$$
$$wu = 58{,}6\ kN$$

2. Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gempa *(V sway)*
   a. Stuktur bergoyang ke kanan

$$V_{sway-ka} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{ln}$$
$$V_{sway-ka} = \frac{1.216{,}6 + 912{,}5}{7{,}15}$$
$$V_{sway-ka} = 297{,}77\ kN$$

$$Vu\ ki = V_{sway-ka} - Vg$$
$$Vu\ ki = 297{,}77 - 209{,}5$$
$$Vu\ ki = 88{,}29\ kN$$ (ke bawah)

$$Vu\ ka = V_{sway-ka} + Vg$$
$$Vu\ ka = 297{,}77 + 209{,}5$$
$$Vu\ ka = 507{,}25\ kN$$ (ke atas)

   b. Stuktur bergoyang ke kiri

$$V_{sway-ki} = \frac{M_{pr-2} + M_{pr-4}}{ln}$$
$$V_{sway-ki} = \frac{1.216{,}6 + 912{,}5}{7{,}15}$$
$$V_{sway-ki} = 297{,}77\ kN$$

$$Vu\ ki = V_{sway-ki} + Vg$$
$$Vu\ ki = 297{,}77 + 209{,}5$$
$$Vu\ ki = 507{,}25\ kN$$ (ke atas)

$$Vu\ ka = V_{sway-ki} - Vg$$
$$Vu\ ka = 297{,}77 - 209{,}5$$
$$Vu\ ka = 88{,}29\ kN$$ (ke atas)

8.2.5.3. Perhitungan tulangan sengkang untuk gaya geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 adalah kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu Vc, harus diambil = 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila :

1. Gaya geser V sway akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi ½ (atau lebih) kuat geser perlu maksimum, Vu di sepanjang bentang
   a. Bergoyang ke kanan

V sway-ka	>	$0{,}5 \cdot Vu\ ki$	
297,8	>	$0{,}5 \cdot 88{,}29$	
297,8 kN	>	44,14 kN	***(OK)***
V sway-ka	>	$0{,}5 \cdot Vu\ ka$	
297,8	>	$0{,}5 \cdot 507{,}3$	
297,8 kN	>	253,6 kN	***(OK)***

   b. Bergoyang ke kiri

V sway-ki	>	$0{,}5 \cdot Vu\ ki$	
297,8	>	$0{,}5 \cdot 507{,}3$	
297,8 kN	>	253,6 kN	***(OK)***
V sway-ka	>	$0{,}5 \cdot Vu\ ka$	
297,8	>	$0{,}5 \cdot 88{,}29$	
297,8 kN	>	44,14 kN	***(OK)***

2. Gaya aksial tekan terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa, kurang dari Ag · fc' / 20:

$$\frac{Ag \cdot fc'}{20} = \frac{500 \cdot 700 \cdot 35}{20}$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{20} = 612.500\ N$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{20} = 612{,}5\ kN$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terhadap beban kombinasi terbesar adalah 76,28 kN < 612,5 kN (OK)

Karena semua persyaratan diatas telah terpenuhi, maka nilai Vc = 0.

Muka kolom interior kiri

Vu = 507,3 kN

$$Vs = \frac{Vu}{\emptyset} - Vc$$

$$Vs = \frac{507{,}3}{0{,}75} - 0$$

$$Vs = 676{,}3\ kN$$

Kuat geser tulangan geser

$$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d$$

$$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot 500 \cdot 604{,}5$$

$$Vs_{min} = 100.750\ N$$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 604{,}5$$
$$Vs_{maks} = 596.045{,}04\ N$$
$$Vs_{maks} = 596\ kN$$

$$2 \cdot Vs_{maks} = 2 \cdot 596{,}05$$
$$2 \cdot Vs_{maks} = 1.192{,}09\ kN$$

Vs	<	$2 \cdot Vs_{maks}$	
676,3 kN	<	1.192,1 kN	***(OK)***

Direncanakan diameter tulangan geser 13 mm dengan sengkang 3 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 3 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 13^2$$

$$Av = 398{,}2\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{398{,}2\ \cdot\ 410 \cdot 604{,}5}{676.337{,}01}$$

$$S = 145{,}9\ mm$$

Sehingga dipakai 13 D 3 kaki dengan 140 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{398{,}2\ \cdot\ 410 \cdot\ 604{,}5}{140}$$

$$Vs = 704.936{,}45\ N$$

$Vs = 704{,}9\ kN$

Vs pakai	>	Vs perlu	
704,9 kN	>	676,3 kN	***(OK)***

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.1 diperlukan sengkang tertutup di sepanjang jarak 2 · h dari sisi muka muka kolom terdekat, 2 · h = 2 · 700 = 1400 mm = 1,4 m.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 sengkang pertama dipasang pada jarak 50 dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

1. $\frac{d}{4} = \frac{640{,}5}{4}$
   $\frac{d}{4} = 151{,}1\ mm$
2. $6 \cdot \emptyset l = 6 \cdot 25$
   $6 \cdot \emptyset l = 125$
3. 150 mm

Tapi, tidak perlu kurang dari 100 mm. Dengan demikian tulangan sengkang di daerah sendi plastis (1,4 m dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup 3 kaki D13 yang dipasang dengan spasi 140 mm.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser di sepanjang balok SRPMK adalah d/2

$$S\ maks \leq \frac{d}{2}$$

$$140 \leq \frac{640,5}{2}$$

$$140\ mm \leq 302,25\ mm$$ ***(OK)***

Muka kolom interior kanan

Vu = 507,3 kN

$$Vs = \frac{Vu}{\emptyset} - Vc$$

$$Vs = \frac{507,3}{0,75} - 0$$

$$Vs = 676,3\ kN$$

Kuat geser tulangan geser

$$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d$$
$$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot 500 \cdot 604,5$$
$$Vs_{min} = 100.750\ N$$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$$
$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 604,5$$
$$Vs_{maks} = 596.045,04\ N$$
$$Vs_{maks} = 596\ kN$$

$$2 \cdot Vs_{maks} = 2 \cdot 596,05$$
$$2 \cdot Vs_{maks} = 1.192,09\ kN$$

Vs	<	$2 \cdot Vs_{maks}$	
676,3 kN	<	1.192,1 kN	***(OK)***

Direncanakan diameter tulangan geser 13 mm dengan sengkang 3 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 3 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 13^2$$

$$Av = 398{,}2\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{398{,}2\ \cdot\ 410 \cdot 604{,}5}{676.337{,}01}$$

$$S = 145{,}9\ mm$$

Sehingga dipakai 13 D 3 kaki dengan 140 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{398{,}2\ \cdot\ 410 \cdot\ 604{,}5}{140}$$

$$Vs = 704.936{,}45\ N$$

$$Vs = 704{,}9\ kN$$

Vs pakai	>	Vs perlu	
704,9 kN	>	676,3 kN	***(OK)***

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.1 diperlukan sengkang tertutup di sepanjang jarak 2 · h

dari sisi muka muka kolom terdekat, 2 · h = 2 · 700 = 1400 mm = 1,4 m.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 sengkang pertama dipasang pada jarak 50 dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

4. $\frac{d}{4} = \frac{640,5}{4}$
   $\frac{d}{4} = 151,1\ mm$
5. $6 \cdot \emptyset l = 6 \cdot 25$
   $6 \cdot \emptyset l = 125$
6. 150 mm

Tapi, tidak perlu kurang dari 100 mm. Dengan demikian tulangan sengkang di daerah sendi plastis (1,4 m dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup 3 kaki D13 yang dipasang dengan spasi 140 mm.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser di sepanjang balok SRPMK adalah d/2

$$S\ maks \leq \frac{d}{2}$$

$$140 \leq \frac{640,5}{2}$$

$$140\ mm \leq 302,25\ mm$$ ***(OK)***

Ujung zona sendi plastis

Gaya geser maksimu, Vu di ujung zona sendi plastis, yaitu 2 · h = 2 · 700 = 1400 mm = 1,4 m dari muka kolom adalah :

$$Vu = Vu\ maks - (l \cdot wu)$$

$Vu = 507{,}3 - (1{,}4 \cdot 58{,}6)$
$Vu = 425{,}2\ kN$

Kuat geser beton
$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$
$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 604{,}5$
$Vc = 298.022{,}52\ N$
$Vc = 298\ kN$

$$Vs = \frac{Vu}{\emptyset} - Vc$$

$$Vs = \frac{425{,}2}{0{,}75} - 298$$

$$Vs = 268{,}9\ kN$$

Kuat geser tulangan geser
$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d$
$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot 500 \cdot 604{,}5$
$Vs_{min} = 100.750\ N$

$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$$
$$Vs_{maks} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 604{,}5$$
$Vs_{maks} = 596.045{,}04\ N$
$Vs_{maks} = 596\ kN$
$2 \cdot Vs_{maks} = 2 \cdot 596{,}05$
$2 \cdot Vs_{maks} = 1.192{,}09\ kN$

Vs	<	$2 \cdot Vs_{maks}$	
268,9 kN	<	1.192,1 kN	***(OK)***

Direncanakan diameter tulangan geser 13 mm dengan sengkang 2 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 2 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 13^2$$

$$Av = 265{,}5\ mm^2$$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{Vs}$$

$$S = \frac{265{,}5\ \cdot\ 410 \cdot 604{,}5}{268.934{,}61}$$

$$S = 244{,}6\ mm$$

Sehingga dipakai 13 D 2 kaki dengan 150 mm.

$$Vs = \frac{Av\ \cdot\ fy\ \cdot\ d}{S}$$

$$Vs = \frac{265{,}5\ \cdot\ 410 \cdot\ 604{,}5}{150}$$

$$Vs = 438.627{,}12\ N$$

$$Vs = 438{,}6\ kN$$

Vs pakai	>	Vs perlu	
438,6 kN	>	268,9 kN	***(OK)***

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.1 diperlukan sengkang tertutup di sepanjang jarak 2 · h

dari sisi muka muka kolom terdekat, 2 · h = 2 · 700 = 1400 mm = 1,4 m.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 sengkang pertama dipasang pada jarak 50 dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

7. $\frac{d}{4} = \frac{640,5}{4}$
   $\frac{d}{4} = 151,1\ mm$
8. $6 \cdot \emptyset l = 6 \cdot 25$
   $6 \cdot \emptyset l = 125$
9. 150 mm

Tapi, tidak perlu kurang dari 100 mm. Dengan demikian tulangan sengkang di daerah sendi plastis (1,4 m dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup 3 kaki D13 yang dipasang dengan spasi 140 mm.

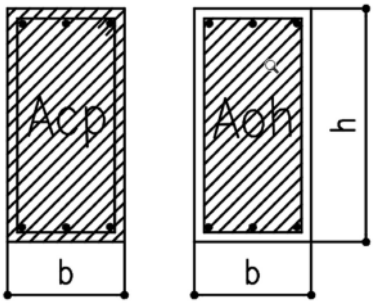
Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser di sepanjang balok SRPMK adalah d/2

$$S\ maks \leq \frac{d}{2}$$

$$150 \leq \frac{640,5}{2}$$

$$150\ mm \leq 302,25\ mm$$ ***(OK)***

8.2.6. Perhitungan penulangan puntir



Gambar 8. 3 Luasan Acp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$Acp = b \cdot h$

$Acp = 500 \cdot 700$

$Acp = 350.000\ mm^2$

Parameter luar irisan penampang beton Acp :

$\mathrm{P}cp = 2 \cdot (b + h)$

$\mathrm{P}cp = 2 \cdot (500 + 700)$

$\mathrm{P}cp = 2.400\ mm$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$\mathrm{Aoh} = (b_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser})(h_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser})$

$\mathrm{Aoh} = (500 - 2 \cdot 70 - 2 \cdot 13)(700 - 2 \cdot 70 - 2 \cdot 13)$

$\mathrm{Aoh} = 178.356\ mm^2$

Keliling penampang dibatasi as tulangan :

$$\text{Poh} = 2 \cdot ((b_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot ts - 2 \cdot \emptyset_{geser}))$$

$$\text{Poh} = 2 \cdot ((500 - 2 \cdot 70 - 2 \cdot 13) + (700 - 2 \cdot 70 - 2 \cdot 13))$$

$$\text{Poh} = 1.736\ mm$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada *SAP 2000* dengan kombinasi beban terbesar *(envelope)*, Tu = 49,39 kN.m

$$Tn = \frac{Tu}{\varphi}$$

$$Tn = \frac{49.391.400}{0,75}$$

$$Tn = 65.855.200\ N.mm$$

$$Tu\ min = \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot (\frac{Acp^2}{Pcp})$$

$$Tu\ min = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot (\frac{350.000^2}{2.400})$$

$$Tu\ min = 18.797.419,12\ N.mm$$

Tu	>	Tu min
49.391.400 N.mm	>	18.797.419,12 N.mm

Karena Tu > Tu min, maka pada penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

- Cek kecukupan penampang menahan momen puntir

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1{,}7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \emptyset\left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0{,}66 \cdot \sqrt{fc}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{209.482}{500 \cdot 604{,}5}\right)^2 + \left(\frac{49.491.400 \cdot 1.736}{1{,}7 \cdot 178.356^2}\right)^2} \leq 0{,}75\left(\frac{298.022}{500 \cdot 604} + 0{,}66 \cdot \sqrt{35}\right)$$

$1{,}73 \leq 3{,}67$ ***(OK)***

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

8.2.6.1. Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cdot \cot^2\theta$$

Dengan $\frac{At}{s}$ dihitung sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan :

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot Fyt}{s} \cdot \cot\theta$$

Untuk beton non prategang, $\theta = 45^0$

Dimana, $Ao = 0{,}85 \cdot Aoh$

$Ao = 0{,}85 \cdot 178.356$

$Ao = 151.602{,}6\ mm^2$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \cdot Ao \cdot Fyt \cdot \cot\theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{65.855.200}{2 \cdot 151.602{,}6 \cdot 410 \cdot \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = 0{,}53\ mm^2$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$Al = 0{,}53 \cdot 1.736 \cdot \left(\frac{410}{410}\right) \cdot \cot^2 45$$

$$Al = 919{,}6\ mm^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{fc'} \cdot Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right)$$

Dengan $\frac{At}{s}$ tidak boleh kurang dari $0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt}$

$$0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt} = 0{,}175 \cdot \frac{500}{410}$$

$$0{,}175 \cdot \frac{bw}{fyt} = 0{,}213\ mm$$

$$\frac{At}{s} \quad > \quad \frac{At}{s}\ min$$

0,53 mm > 0,21 mm

Karena $\frac{At}{s}$ lebih dari $\frac{At}{s}$ $minimum$, maka digunakan $\frac{At}{s}$ pakai sebesar 0,53 mm.

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{fc'} \cdot Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right)$$

$$Al\ min = \frac{0{,}42 \cdot \sqrt{35} \cdot 350.000}{410} - 0{,}53 \cdot 1.736 \cdot \left(\frac{410}{410}\right)$$

$$Al\ min = 1.201\ mm^2$$

Al perlu	<	Al min
919,6 mm^2	<	1.201 mm^2

Karena Al perlu < Al min, maka dipakai Al min = 1.201 mm^2.

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang (longitudinal) dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{1.201}{4}$$

$$\frac{Al}{4} = 300{,}37\ mm^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

- Penulangan pada sisi atas disalurkan pada tulangan tekan.
- Penulangan pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tarik.

Maka luasan akhir = 600,74 mm^2

$$As = 2 \cdot \frac{Al}{4}$$

$$As = 2 \cdot 300{,}37$$

$As = 600{,}74\ mm^2$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi samping)

$$n = \frac{As}{L\ \emptyset\ tul.\ puntir}$$
$$n = \frac{600{,}74}{201{,}1}$$
$$n = 2{,}99\ buah\ \approx 4\ buah$$

Dipakai tulangan 4 D16

- Kontrol luasan tulangan puntir

$$As_{pakai} = n \cdot L\ \emptyset\ tul.\ puntir$$
$$As_{pakai} = 4 \cdot 201{,}1$$
$$As_{pakai} = 804{,}25\ mm^2$$

As pasang > As perlu

804,25 mm^2 > 600,74 mm^2

8.2.6.2. Tulangan puntir untuk geser

Daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d}$$
$$\frac{Av}{s} = \frac{676.337}{410 \cdot 604{,}5}$$
$$\frac{Av}{s} = 2{,}73\ mm$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 2{,}73 + 2 \cdot 0{,}53$$
$$\frac{Avt}{s} = 3{,}79\ mm$$

Untuk tulangan sengkang sebelum torsi adalah 3 kaki D13-140

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{398{,}2}{140}$$
$$\frac{Av\ pakai}{s} = 2{,}84\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

2,84 mm < 3,79 mm ***(No OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ < $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang belum mampu menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 3 kaki D13-100

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{398{,}2}{100}$$
$$\frac{Av\ pakai}{s} = 3{,}98\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

3,98 mm > 3,79 mm ***(OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang mampu menahan gaya geser dan gaya torsi. Jadi tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 3 kaki D13-100.

Daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang penahan torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{268.934,61}{410 \cdot 604,5}$$

$$\frac{Av}{s} = 1,09\ mm$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 1,09 + 2 \cdot 0,53$$

$$\frac{Avt}{s} = 2,145\ mm$$

Untuk tulangan sengkang sebelum torsi adalah 2 kaki D13-150

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{265,46}{150}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 1,77\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

1,77 mm < 3,79 mm ***(No OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ < $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang belum mampu menahan gaya geser dan gaya torsi.

Apabila digunakan tulangan geser 3 kaki D13-100

$$\frac{Av\ pakai}{s} = \frac{398,2}{100}$$

$$\frac{Av\ pakai}{s} = 3{,}98\ mm$$

$\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$

3,98 mm > 3,79 mm ***(OK)***

Karena nilai $\frac{Av\ pakai}{s}$ > $\frac{Avt}{s}$, maka tulangan geser terpasang mampu menahan gaya geser dan gaya torsi. Jadi tulangan geser yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah 3 kaki D13-100.

8.2.7. *Cut-off points*

Dari diagram momen balok, tulangan perlu untuk momen negatif di ujung-ujung balok dapat dipotong di titik-titik dimana tulangan sudah tidak diperlukan lagi. Namun, tetap harus diingat bahwa setidaknya ada dua buah tulangan yang dibuat menerus masing-masing di bagian atas dan bawah penampang balok.

Tulangan negatif di muka kolom interior

Jumlah tulangan atas terpasang adalah 8 buah, yaitu 8 D 25. Dua tulangan atas D 25 akan dipasang menerus sepanjang bentang. Enam buah tulangan lainnya akan dipotong, sehingga As sisa = 981,7 mm^2. Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{981{,}7\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 500}$$

$$a = 27{,}06\ mm$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 981{,}7 \cdot 410 \cdot (604{,}5 - \frac{27{,}06}{2})$$
$$Mn = 243.321.246{,}2\ N.mm$$
$$Mn = 243{,}32\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0{,}9 \cdot 243{,}32$$

$$\emptyset \cdot Mn = 218{,}99\ kN.m$$

Untuk mendapatkan lokasi penampang dengan momen negatif rencana 218,99 kN.m pada balok, ambil penjumlahan momen di titik A, yaitu :

$$\sum MA = 0$$
$$wu \cdot x \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot x\right) - Vu\ ka \cdot x + \left(M_{pr-1} - \emptyset \cdot Mn\right) = 0$$
$$58{,}6 \cdot x \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot x\right) - 507{,}25 \cdot x + (1.217 - 219) = 0$$
$$29{,}3 \cdot X^2 - 507{,}25 \cdot x + 997{,}6 = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$
$$x_{1,2} = \frac{507{,}3 \pm \sqrt{507{,}3^2 - 4 \cdot 29{,}3 \cdot 998}}{2 \cdot 29{,}3}$$
$$x_{1,2} = \frac{507{,}3 \pm 374{,}69}{58{,}6}$$

X_1 = 15,05 m
X_2 = 2,262 m

Momen rencana 218,99 kN.m terletak pada jarak 2,262 m dari muka kolom tumpuan kanan.
Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.10.4 mensyaratkan bahwa:

- Tulangan ditentukan melampaui titik dimana tulangan tersebut sudah tidak diperlukan lagi untuk menahan

lentur, sejauh tinggi efektif komponen struktur, d dan tidak kurang dari 12 · db, kecuali pada daerah tumpuan balok sederhana dan pada daerah ujung bebas kantilever.

- Tulangan menerus harus mempunyai suatu panjang penanaman sejauh tidak kurang dari panjang penyaluran ld diukur dari lokasi pemotongan tulangan lentur.

Untuk tulangan D22 atau lebih besar (SNI 2847:2013 tabel 12.2.2), panjang penyaluran tulangan D25 adalah sepanjang

$$ld = \frac{fy \cdot \psi t \cdot \psi e}{1{,}7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db$$

Dengan,

Fy = 410 MPa (mutu baja tulangan)

ψt = 1,3 (faktor lokasi penulangan)

ψe = 1 (faktor pelapis)

λ = 1 (beton normal)

fc' = 35 MPa (mutu beton)

db = 25 mm (diameter tulangan lentur)

$$ld = \frac{fy \cdot \psi t \cdot \psi e}{1{,}7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db$$

$$ld = \frac{410 \cdot 1{,}3 \cdot 1}{1{,}7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot 25$$

$$ld = 1.325\ mm$$

Maka diambil ld_{25} = 1.400 mm = 1,4 m.

Tulangan 2D25 harus ditanam sepanjang yang terbesar diantara :

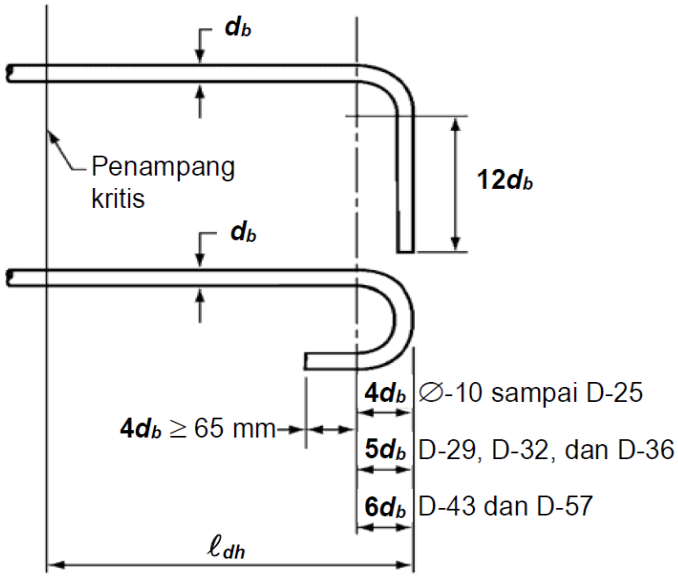
1. $x + d = 2.262 + 604{,}5$
   $x + d = 2.867\ mm$
2. $x + 12 \cdot db = 2.262 + 12 \cdot 25$
   $x + 12 \cdot db = 2.562{,}3\ mm$
3. ld = 1.400 mm dari muka kolom
4. $x + \frac{ln}{16} = 2.262 + \frac{7.150}{16}$
   $x + \frac{ln}{16} = 2.709\ mm$

Dengan demikian, tulangan 2 D25 ditanamkan sejauh 2,9 m dari muka kolo tumpuan kanan. Panjang penyaluran dari muka kolom tumpuan kiri sama dengan muka kolom tumpuan kanan yaitu 2,9 m.

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri kait standar *ldh* ditentukan dari SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1 tidak boleh kurang dari 8·db dan 150 mm.

Detail batang berkait untuk penyaluran kait standart.



Gambar 8. 4 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standart

$$ldh = \frac{fy \cdot db}{5{,}4 \cdot \sqrt{fc}}$$

$$ldh = \frac{410 \cdot 25}{5{,}4 \cdot \sqrt{35}}$$

$$ldh = 320{,}8\ mm$$

Ldh tidak boleh kurang dari :

- $8 \cdot db = 8 \cdot 25$
  $8 \cdot db = 200\ mm$
- 150 mm

Maka dipakai *ldh* = 330 mm ***(Memenuhi)***

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan, *ldc* dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.2. Untuk batang tulangan *ldc* harus diambil sebesar yang terbesar dari:

- $ldc = \frac{0{,}24 \cdot fy \cdot db}{\lambda \cdot \sqrt{fc}}$

  $ldc = \frac{0{,}24 \cdot 410 \cdot 25}{1 \cdot \sqrt{35}}$

  $ldc = 415{,}82\ mm$

- $ldc = 0{,}043 \cdot fy \cdot db$

  $ldc = 0{,}043 \cdot 410 \cdot 25$

  $ldc = 440{,}75\ mm$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tekan = 450 mm.

8.2.8. Kontrol retak pada balok induk

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi :

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$

Dimana,

fs = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

Cc = jarak terkecil dari permukaan tulangan

$$fs = \frac{2}{3} \cdot fy$$

$$fs = \frac{2}{3} \cdot 410$$

$$fs = 273{,}3\ MPa$$

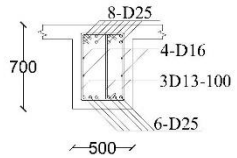
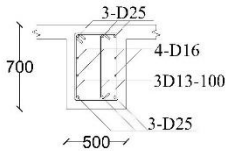
$$Cc = t_s + \emptyset\ tul.\ geser$$

$$Cc = 70 + 13$$

$Cc = 83\ mm$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right) - 2{,}5 \cdot Cc$$
$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right) - 2{,}5 \cdot 83$$
$$s = 1811{,}8\ mm$$

Dan tidak boleh lebih dari
$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{fs}\right)$$
$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{273{,}3}\right)$$
$$s = 307{,}3\ mm$$
Jarak antar tulangan di daerah tumpuan = 150 (tidak melebihi 181,8 mm dan 307,3 mm, OK)

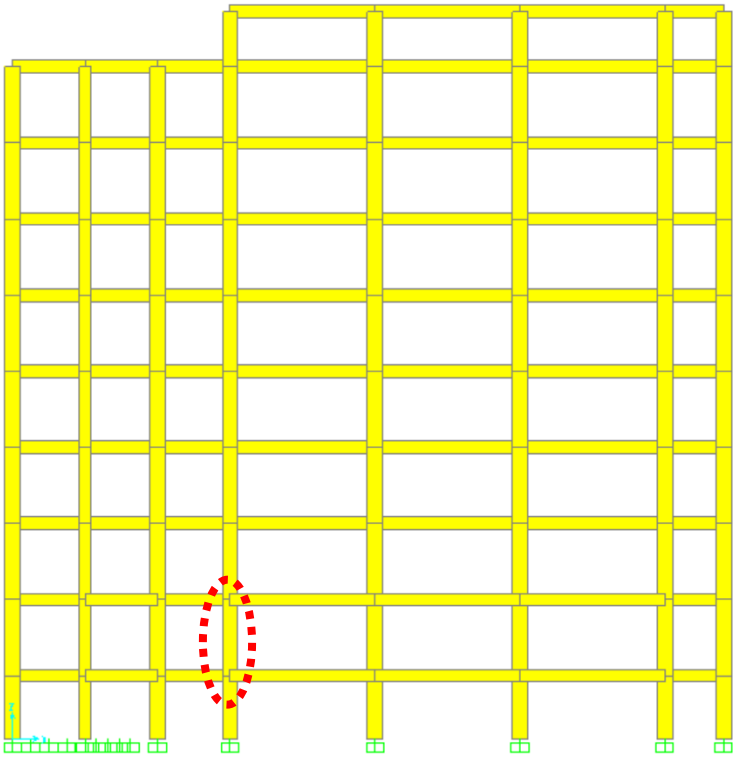
TIPE BALOK	BALOK INDUK (B1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	8-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	6-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-100

Gambar 8. 5 Detail Penulangan Balok Induk

8.3. Desain Kolom

Kolom merupakan komponen utama struktur yang menahan beban aksial dan momen. Dalam perhitungan penulangan kolom dipilih AS-3B pada lantai 1. Adapun data perencanaan, gambar denah kolom, hasil *output* dan diagram gaya dalam *SAP*

2000 ketentuan perhitungan penulangan kolom dengan metode SRPMK adalah sebagai berikut :



Gambar 8. 6 Denah Kolom yang ditinjau

8.3.1. Data perencanaan kolom

Dimensi kolom : 850 x 850

Tinggi kolom desain (L) : 4,2 m

Tinggi kolom atas : 4,2 m

Kuat tekan beton (fc') : 35 MPa

Kuat leleh tulangan (fy) : 410 MPa

Diameter tul. lentur (Øl) : 25 mm

Diameter tul. geser (Øs) : 16 mm

Tebal selimut (ts) : 85 mm

β1 : 0,8 (SNI 2847:2013 ps. 10.2.7.3)

Faktor reduksi kuat lentur : 0,9 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.7)

Faktor reduksi kuat geser : 0,75 (SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3)

8.3.2. Hasil output dan diagram gaya dalam dari *SAP 2000*

Setelah dilakukan analisa menggunakan *SAP 2000*, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan untuk menghitung penulangan kolom. Hasil output *SAP 2000* diambil dari beban kombinasi terbesar *(envelope)*. Berikut adalah hasil output dan diagram gaya dalam :

Kolom yang ditinjau

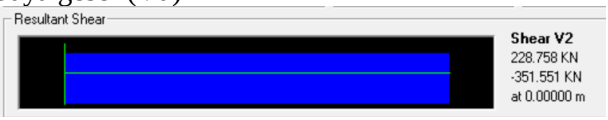
- Gaya aksial (Pu)

Pu = 4.955 kN

- Momen (Mu)

Mu = 941,3 kN.m

- Gaya geser (Vu)



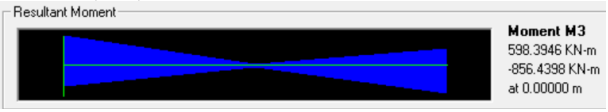
Vu = 351,6 kN

Kolom atas kolom yang ditinjau

- Gaya aksial (Pu)

Pu = 4.244 kN

- Momen (Mu)



Mu = 856,4 kN.m

- Gaya geser (Vu)

Vu = 390 kN

8.3.3. Cek persyaratan struktur kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) harus memeunhi hal berikut ini :

a. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi :

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = \frac{850 \cdot 850 \cdot 35}{10}$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 2.528.750\ N$$

$$\frac{Ag \cdot fc'}{10} = 2.529\ kN$$

Berdasarkan analisis struktur, gaya aksial terfaktor melebihi dari yang diizinkanyaitu 4.955 kN > 2.529 kN (OK)

b. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.
   b = h = 850 mm > 300 mm (OK)
c. Rasio dimensi penampang kolom tidak kurang dari 0,4

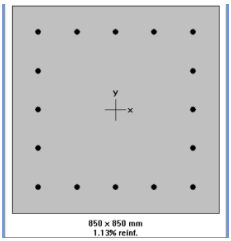
$$\frac{b}{h} \geq 0{,}4$$

$$\frac{850}{850} \geq 0{,}4$$

$$1 \geq 0{,}4$$ ***(OK)***

8.3.4. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal penahan lentur

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari 0,01 atau lebih dari 0,06. Untuk perhitungan konfigurasi penulangan, digunakan program bantuan *pcaColumn* dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 8. 7 Konfigurasi Tulangan Kolom Lantai 1

Didapatkan konfigurasi penulangan 16 D25 dengan rasio luas tulangan terhadap luas kolom (ρ) = 1,13 % atau 0,013 sehingga nilai 0,01 < 0,011 < 0,06 telah terpenuhi.

8.3.5. Cek syarat *"Strong Column Weak Beam"*

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2, kekuata kolom harus memenuhi nilai sebagai berikut :

$$\sum Mnc > 1{,}2 \cdot \sum Mnb$$

Keterangan :

Σ Mnc = jumlah *Mn* kolom yang bertemu di joint

Σ Mnb = jumlah *Mn* balok yang bertemu di joint (termasuk sambungan tulangan pelat selebar efektif)

a. Menentukan nilai Σ Mnb :

- Menentukan lebar efektif balok

  Dimens balok sisi kiri dan kanan kolom :

Lebar balok (bw)	= 500 mm
Tinggi balok (h)	= 700 mm
Tebal pelat (t)	= 120 mm
Diameter tul. pelat (Ølp)	= 10 mm
Jarak tul. pelat (s)	= 150 mm
Diameter tul. lentur (Ølb)	= 25 mm
Diameter sengkang (Øs)	= 13 mm
Tebal selimut balok (ts b)	= 70 mm
Tebal selimut pelat (ts p)	= 20 mm

Dipilih nilai terkecil dari :

$$be = bw + 2 \cdot hw < bw + 8 \cdot hf$$

$$be = bw + 2 \cdot hw$$

$$be = 500 + 2 \cdot 700$$

$$be = 1.900\ mm$$

$$be = bw + 8 \cdot hf$$

$$be = 500 + 8 \cdot 120$$

$$be = 1.460\ mm$$

Dipakai nilai terkecil be = 1.460 mm

- Menghitung tinggi efektif
  Panjang pelat :
  - Panjang pelat sisi kiri balok :
    $$\frac{be - bw}{2} = \frac{1.460 - 500}{2}$$
    $$\frac{be - bw}{2} = 480\ mm$$
  - Panjang pelat sisi kanan balok :
    $$\frac{be - bw}{2} = \frac{1.460 - 500}{2}$$
    $$\frac{be - bw}{2} = 480\ mm$$

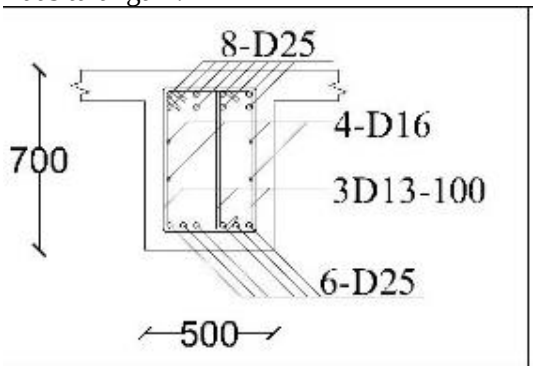
  Jumlah tulangan pelat :
  - Jumlah tulangan pelat sisi kiri balok :
    $$\frac{\left(\frac{be - bw}{2}\right)}{s} = \frac{480}{150}$$
    $$\frac{\left(\frac{be - bw}{2}\right)}{s} = 3{,}2\ buah\ \approx 4\ buah$$

- Jumlah tulangan pelat sisi kanan balok :

$$\frac{\left(\frac{be-bw}{2}\right)}{s} = \frac{480}{150}$$

$$\frac{\left(\frac{be-bw}{2}\right)}{s} = 3{,}2\ buah\ \approx 4\ buah$$

Luas tulangan :



Luas tulangan tarik balok = 3.927 mm^2 (8 D25)

Bagian atas : 4 D25

Bagian bawah : 4 D25

Luas tulangan tekan balok= 2.945 mm^2 (6 D25)

Luas tulangan tarik total :

$$As\ balok + As\ pelat = As\ balok + (n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2)$$

$$As\ balok + As\ pelat = 3.927 + ((4+4) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2)$$

$$As\ balok + As\ pelat = 4.555\ mm^2$$

$$y = \frac{As\ balok \cdot (ts_b + \emptyset_s + \emptyset_{lb}) + \left(n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset_{lp}{}^2\right) \cdot \left(ts_p \cdot \frac{\emptyset_{lp}}{2}\right) + \left(n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2\right) \cdot (t - ts_p - \frac{\emptyset_{lp}}{2})}{As_{total}}$$

$$y = \frac{3.927 \cdot (70 + 13 + 25) + \left(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2\right) \cdot \left(20 \cdot \frac{10}{2}\right) + \left(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2\right) \cdot (120 - 20 - \frac{10}{2})}{4.555}$$

$$y = 106{,}6\ mm$$

$$d\ tarik = h - y$$

$$d\ tarik = 700 - 106{,}6$$

$$d\ tarik = 593{,}4\ mm$$

$$d\ tekan = h - t_{sb} - \emptyset_s - \emptyset_{lb} - x$$

$$d\ tekan = 700 - 70 - 13 - 25 - \frac{4}{8} \cdot 25$$

$$d\ tekan = 579{,}5\ mm$$

- Menentukan nilai Mnb^- dan Mnb^+

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$

$$a = \frac{2.945\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 500}$$

$$a = 81{,}18\ mm$$

$$Mnb^+ = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mnb^+ = 2.945 \cdot 410 \cdot (579{,}5 - \frac{81{,}18}{2})$$

$$Mnb^+ = 699.774.996{,}8\ N.mm$$

$$Mnb^+ = 699{,}8\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mnb^{+} = 0{,}9 \cdot 699{,}8$$
$$\emptyset \cdot Mnb^{+} = 629{,}8\ kN.m$$

$$a = \frac{As\ \cdot\ fy}{0{,}85\ \cdot\ f'c\ \cdot\ b}$$
$$a = \frac{3.927\ \cdot\ 410}{0{,}85\ \cdot\ 35\ \cdot 500}$$
$$a = 108{,}2\ mm$$

$$Mnb^{-} = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$
$$Mnb^{-} = 3.927 \cdot 410 \cdot (593{,}4 - \frac{108{,}24}{2})$$
$$Mnb^{-} = 955.490.977\ N.mm$$
$$Mnb^{-} = 955{,}5\ kN.m$$

$$\emptyset \cdot Mnb^{-} = 0{,}9 \cdot 955{,}5$$
$$\emptyset \cdot Mnb^{-} = 859{,}9\ kN.m$$

$$\sum Mnb = \emptyset \cdot Mnb^{+} + \emptyset \cdot Mnb^{-}$$
$$\sum Mnb = 629{,}8 + 859{,}9$$
$$\sum Mnb = 1.490\ kN.m$$

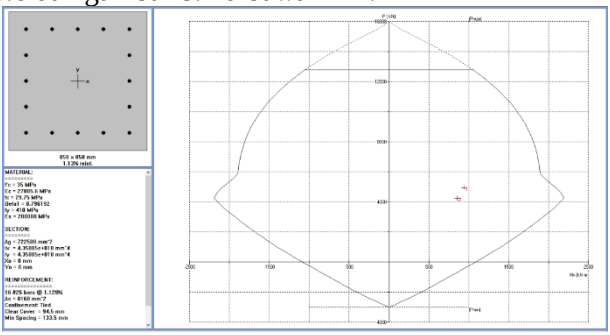
$$1{,}2 \cdot \sum Mnb = 1{,}2 \cdot 1.490$$
$$1{,}2 \cdot \sum Mnb = 1.788\ kN.m$$

b. Menentukan nilai Σ Mnc

Nilai Mnc didapatkan dari diagram interaksi P-M atara kolom atas dengan kolom bawah (yang ditinjau) dengan program bantu *pcaColumn*. Untuk gaya gaya kolom atas yang terjadi adalah sebagai berikut :

Pu kolom atas : 4.955 kN
Mu kolom atas : 941 kN.m
Pu kolom bawah : 4.244 kN
Mu kolom bawah : 856 kN.m

Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam *pcaColumn* sehingga didapatkan diagram interaksi dan nilai Mnc seperti yang ditampilkan pada gambar 8.6 dan gambar 8.7 dibawah ini :



Gambar 8. 8 Diagram Interaksi Kolom pada Program Bantu *pcaColumn*

No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	4955.0	941.0	2091.1	2.222
2	4244.0	856.0	2195.7	2.565

Gambar 8. 9 Nilai Mnc pada Kolom

Dari gambar 8.7 dapat diketahui nilai Mnc kolom atas dan Mnc kolom bawah adalah 2.196 kN.m dan 2.091 kN.m.

$$\sum Mnc = Mnc\ kolom\ atas + Mnc\ kolom\ desain$$

$$\sum Mnc = 2.196 + 2.091$$

$$\sum Mnc = 4.287\ kN.m$$

$$\sum Mnc > 1{,}2 \cdot \sum Mnb$$
$$4.287\ kN.m > 1.788\ kN.m \qquad \textbf{(OK)}$$

8.3.6. Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement*

a. Menentukan spasi maksimum *hoop*
Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, spasi tulangan transversal sepanjang l_0 komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil diantara :

- ¼ dimensi penampang kolom terkecil :
$$\frac{b}{4} = \frac{850}{4}$$
$$\frac{b}{4} = 212{,}5\ mm$$
- 6 kali diameter tulangan longitudinal :
$$6 \cdot \emptyset l = 6 \cdot 25$$
$$6 \cdot \emptyset l = 150\ mm$$
- Nilai s_o, dimana $s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$

Dengan, $bc = bw - 2 \cdot (ts + \frac{1}{2} \cdot db)$
$$bc = 850 - 2 \cdot (70 + \frac{1}{2} \cdot 13)$$
$$bc = 697\ mm$$

Dan $h_x = \frac{2}{3} \cdot bc$
$$h_x = \frac{2}{3} \cdot 697$$
$$h_x = 464{,}7\ mm$$

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$$
$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - 464{,}7}{3}\right)$$

$s_0 = 61{,}78\ mm$

Namun, nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm, dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm. Sehingga diambil nilai s_o yaitu 100 mm.

b. Menghitung luas tulangan *confinement*

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara :

$$Ash = 0{,}3 \cdot \left(\frac{s \cdot bc \cdot fc'}{fyt}\right) \cdot \left(\frac{Ag}{Ach} - 1\right)$$

dan

$$Ash = \frac{0.09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{fyt}$$

Dengan, $bc = bw - 2 \cdot (ts + \frac{1}{2} \cdot db)$

$$bc = 850 - 2 \cdot (70 + \frac{1}{2} \cdot 13)$$

$$bc = 697\ mm$$

Dan $Ach = (bw - 2 \cdot ts) \cdot (bw - 2 \cdot ts)$

$$Ach = (850 - 2 \cdot 85) \cdot (850 - 2 \cdot 85)$$

$$Ach = 462.400\ mm^2$$

Sehingga,

$$\frac{Ash}{s} = 0{,}3 \cdot \left(\frac{bc \cdot fc'}{fyt}\right) \cdot \left(\frac{Ag}{Ach} - 1\right)$$

$$\frac{Ash}{s} = 0{,}3 \cdot \left(\frac{697 \cdot 35}{410}\right) \cdot \left(\frac{850 \cdot 850}{462.400} - 1\right)$$

$$\frac{Ash}{s} = 10{,}04\ mm$$

$$\frac{Ash}{s} = \frac{0.09 \cdot bc \cdot fc'}{fyt}$$

$$\frac{Ash}{s} = \frac{0.09 \cdot 697 \cdot 35}{410}$$

$$\frac{Ash}{s} = 5{,}355\ mm$$

$$\frac{Ash}{s} 1 = 10{,}04$$

$$Ash\ 1 = 10{,}04 \cdot 100$$

$$Ash\ 1 = 1.004\ mm^2$$

$$\frac{Ash}{s} 2 = 5{,}355$$

$$Ash\ 2 = 5{,}355 \cdot 100$$

$$Ash\ 2 = 535{,}5\ mm^2$$

Direncanakan diameter tulangan 16 mm dengan sengkang 5 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = 5 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$Av = 1.005\ mm^2$$

Av	>	Ash max	
1.005 mm^2	>	1.004 mm^2	***(OK)***

c. Pemasangan tulangan *confinement*

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1, pemasangan tulangan *hoop* diperlukan sepanjang l_0 adalah nilai terbesar dari :

- Tinggi komponen struktur pada muka joint, h
  h = 850 mm
- $^1/_6$ bentang bersih komponen beton
  $ln = L - h_{balok}$
  $ln = 4.200 - 700$
  $ln = 3.500\ mm$

  $\frac{1}{6} \cdot ln = \frac{1}{6} \cdot 3.500$
  $\frac{1}{6} \cdot ln = 583{,}3\ mm$
- 450 mm

Maka dipakai l_0 = 850 mm

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sepanjang sisa tinggi kolom bersih diberi *hoop* dengan spasi yang terbesar diantara :

- 150 mm
- 6 kali diameter tulangan longitudinal :
  $6 \cdot \emptyset l = 6 \cdot 25$
  $6 \cdot \emptyset l = 150\ mm$

Maka dipakai spasi 150 mm di sepanjang sisi tinggi kolom bersih.

8.3.7. Perhitungan kebutuhan tulangan geser

a. Gaya geser desain

Gaya geser desain tidak perlu lebih besar dari *V sway* dan *Vu* dari hasil analisis struktur.

$$V\ sway = \frac{Mpr\ top \cdot DFtop + Mpr\ btm \cdot DFbtm}{ln}$$

Keterangan :

DF = faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain

– Menentukan nilai kekakuan (K)

$$K\ top = \frac{E \cdot I}{L}$$

$$K\ top = \frac{4700 \cdot \sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4.200}$$

$$K\ top = 2{,}88 \cdot 10^{11}$$

$$K\ btm = \frac{E \cdot I}{L}$$

$$K\ btm = \frac{4700 \cdot \sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4.200}$$

$$K\ btm = 2{,}88 \cdot 10^{11}$$

- Menentukan nilai DF

$$DF\ top = \frac{K\ top}{K\ top + K\ btm}$$

$$DF\ top = \frac{2{,}88 \cdot 10^{11}}{2{,}88 \cdot 10^{11} + 2{,}88 \cdot 10^{11}}$$

$$DF\ top = 0{,}5$$

$$DF\ btm = \frac{K\ btm}{K\ top + K\ btm}$$

$$DF\ btm = \frac{2{,}88 \cdot 10^{11}}{2{,}88 \cdot 10^{11} + 2{,}88 \cdot 10^{11}}$$

$$DF\ btm = 0{,}5$$

- Menentukan nilai *V sway*
  Nilai *Mpr top* dan *Mpr bottom* merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan di lantai bawah pada muka kolom interior. Sehingga :
  $Mpr\ top = 1.217 + 912$
  $Mpr\ top = 2.129\ kN.m$

  $Mpr\ btm = 1.217 + 912$
  $Mpr\ btm = 2.129\ kN.m$

  $$V\ sway = \frac{Mpr\ top \cdot DFtop + Mpr\ btm \cdot DFbtm}{ln}$$
  $$V\ sway = \frac{2.129 \cdot 0{,}5 + 2.129 \cdot 0{,}5}{4{,}2}$$
  $$V\ sway = 506{,}9\ kN$$

Vu	<	*V sway*	
352 kN	<	506,9 kN	***(OK)***

  Jadi diambil Ve = 352 kN

b. Kontrol kontribusi beton dalam menahan gaya geser
Menrurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.2, kontribusi beton, *Vc* akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila :

- $Ve > \frac{1}{2} \cdot Vu$

  $506{,}92 > \frac{1}{2} \cdot 351{,}6$

  $506{,}92\ kN > 175{,}8\ kN$ ***(OK)***

- $\frac{Ag \cdot fc'}{20} < \frac{850 \cdot 850 \cdot 35}{20}$

  $\frac{Ag \cdot fc'}{20} < \frac{850 \cdot 850 \cdot 35}{20}$

  $\frac{Ag \cdot fc'}{20} < 1.264.375\ N$

  $\frac{Ag \cdot fc'}{20} < 1.264\ kN$

Ve	<	$\frac{Ag \cdot fc'}{20}$	
4.955 kN	>	1.264 kN	***(Tidak OK)***

Karena salah satu syarat tidak terpenuhi, maka nilai *Vc* harus dihitung.

c. Menghitung kebutuhan tulangan geser

$d = t - t_s - \emptyset_{tul\ geser} - \frac{\emptyset_{tul\ utama}}{2}$

$d = 850 - 85 - 16 - \frac{25}{2}$

$d = 736{,}5\ mm$

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$

$Vc = {}^{1}/_{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 850 \cdot 736{,}5$

$Vc = 617.268{,}97\ N$
$Vc = 617\ kN$

- Kontrol tulangan geser
  $\frac{Vu}{\emptyset} > \frac{1}{2} \cdot Vc$
  $\frac{506{,}9}{0{,}75} > \frac{1}{2} \cdot 617$
  $675{,}9\ kN > 308{,}6\ kN$ ***(Perlu tulangan geser)***

- Kontrol kecukupan tulangan geser minimum
  $\frac{Vu}{\emptyset} > Vc + \frac{1}{3} \cdot bw \cdot d$
  $\frac{506{,}9}{0{,}75} > 617 + \frac{1}{3} \cdot 850 \cdot 736{,}5$
  $675{,}9\ kN > 617{,}5\ kN$ ***(Perlu tulangan geser)***

$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot bw \cdot d$
$Vs_{min} = {}^{1}/_{3} \cdot 850 \cdot 736{,}5$
$Vs_{min} = 208.675\ N$
$Vs_{min} = 208{,}7\ kN$

Direncanakan diameter tulangan geser 16 mm dengan sengkang 5 kaki

$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$Av = 5 \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 13^2$

$Av = 1.005\ mm^2$

Jarak tulangan geser/ sengkang :

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$$

$$S = \frac{1.005 \cdot 410 \cdot 736{,}5}{208.675}$$

$$S = 1.455\ mm$$

Sehingga dipakai 16 D 5 kaki dengan 150 mm.

$$Av = \frac{bw \cdot s}{3 \cdot fy}$$

$$Av = \frac{850 \cdot 150}{3 \cdot 410}$$

$$Av = 103{,}66\ mm^2$$

Av pakai	>	Av perlu	
1.005 kN	>	103,7 kN	***(OK)***

d. Kebutuhan tulangan geser di luar l_0

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.2.1.1 untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial, Vc:

$$Vc = 0{,}17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

Nu didapat dari gaya tekan aksial kombinasi beban gempa seperti gambar di bawah ini :

Nu = 2.188 kN

$$Vc = 0{,}17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

$$Vc = 0{,}17\left(1 + \frac{2.188}{14 \cdot 850 \cdot 850}\right) 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 850 \cdot 737$$
$$Vc = 765.831{,}03\ N$$
$$Vc = 765{,}8\ kN$$

$$\frac{Vu}{\emptyset} < Vc$$
$$\frac{506{,}9}{0{,}75} < 766$$
$$676\ kN < 766\ kN$$ ***(Tidak perlu tulangan geser)***

Karena Vc lebih besar dari $\frac{Vu}{\emptyset}$ untuk bentang du=I luar l_0, maka tulangan sengkang tidak dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut, tetapi hanya untuk *confinement.*

8.3.8. Sambungan lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang diguakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B, panjang minimum sambungan lewatan = 1,3 · *ld*. Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.2.2, maka

$$ld = \frac{fy \cdot \psi t \cdot \psi e}{1{,}7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db$$

Dengan,

Fy	= 410 MPa	(mutu baja tulangan)
ψt	= 1,3	(faktor lokasi penulangan)
ψe	= 1	(faktor pelapis)
λ	= 1	(beton normal)
fc’	= 35 MPa	(mutu beton)
db	= 25 mm	(diameter tulangan lentur)

$$ld = \frac{fy \cdot \psi t \cdot \psi e}{1{,}7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db$$

$$ld = \frac{410 \cdot 1{,}3 \cdot 1}{1{,}7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot 25$$

$$ld = 1.325\ mm$$

Maka diambil ld_{25} = 1.400 mm = 1,4 m.

$$1{,}3 \cdot ld = 1{,}3 \cdot 1400$$
$$1{,}3 \cdot ld = 1.820\ mm \approx 1900\ mm \approx 1{,}9\ m$$

8.4. Desain Hubungan Balok-Kolom SRPMK

Pada bagian perhitungan ini akan disampaikan Hubungan Balok-Kolom (HBK) SRPMK yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom.

8.4.1. Cek syarat joint

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3, panjang HBK diukur terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser pada HBK sedikitnya 20 kali *db* longitudinal terbesar.

b = h = 850 mm

$$20 \cdot \emptyset l = 20 \cdot 25$$
$$20 \cdot \emptyset l = 500\ mm$$

b	>	$20 \cdot \emptyset l$	
850 mm	>	500 mm	***(OK)***

8.4.2. Perhitungan luas efektif HBK

Aj direncanakan sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, dimana *Aj* merupakan luas penampang efektif dalam suatu

HBK yang dihitung dari tinggi HBK dikalikan lebar HBK efektif.

Diketahui :

Lebar balok (L) = 500 mm

Tinggi kolom (h) = 850 mm

Tinggi HBK (h) = 850 mm

$$x = \frac{(h - b)}{2}$$

$$x = \frac{(850 - 500)}{2}$$

$$x = 175\ mm$$

Lebar efektif HBK merupakan nilai terkecil dari :

- $b + h = 500 + 850$
  $b + h = 1.350\ mm$

- $b + 2 \cdot x = 500 + 2 \cdot 175$
  $b + 2 \cdot x = 850\ mm$

Sehingga lebar efektif = 1.350 mm

$$Aj = b_{eff} \cdot h$$
$$Aj = 1.350 \cdot 850$$
$$Aj = 1.147.500\ mm^2$$

8.4.3. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal untuk *confinement*

Untuk *joint interior,* jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom. Sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.2 tulangan *confinement* diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{Ash}{s} HBK = 0{,}5 \cdot \frac{Ash}{s}$$

$$\frac{Ash}{s} HBK = 0{,}5 \cdot 10{,}04$$

$$\frac{Ash}{s} HBK = 5{,}02\ mm$$

s = 150 mm

$$\frac{Ash}{s} = 5{,}02$$

$$Ash = 5{,}02 \cdot 150$$

$$Ash = 753\ mm^2$$

Direncanakan diameter tulangan 16 mm dengan sengkang 4 kaki

$$Av = n_{kaki} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Av = n \cdot {}^{1}/_{4} \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$Av = 804{,}2\ mm^2$$

Av	>	Ash	
804,2 mm^2	>	753 mm^2	***(OK)***

8.4.4. Perhitungan gaya geser HBK

a. Menghitung *V sway*

$$V\ sway = \frac{Mpr\ top \cdot DFtop + Mpr\ btm \cdot DFbtm}{ln}$$

Keterangan :

DF = faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain

– Menentukan nilai kekakuan (K)

$$K\ top = \frac{E \cdot I}{L}$$

$$K\ top = \frac{4700 \cdot \sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4.200}$$

$$K\ top = 2{,}88 \cdot 10^{11}$$

$$K\ btm = \frac{E \cdot I}{L}$$

$$K\ btm = \frac{4700 \cdot \sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4.200}$$

$$K\ btm = 2{,}88 \cdot 10^{11}$$

- Menentukan nilai DF

$$DF\ top = \frac{K\ top}{K\ top + K\ btm}$$

$$DF\ top = \frac{2{,}88 \cdot 10^{11}}{2{,}88 \cdot 10^{11} + 2{,}88 \cdot 10^{11}}$$

$DF\ top = 0{,}5$

$$DF\ btm = \frac{K\ btm}{K\ top + K\ btm}$$

$$DF\ btm = \frac{2{,}88 \cdot 10^{11}}{2{,}88 \cdot 10^{11} + 2{,}88 \cdot 10^{11}}$$

$DF\ btm = 0{,}5$

- Menentukan nilai *V sway*
  Nilai *Mpr top* dan *Mpr bottom* merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan di lantai bawah pada muka kolom interior. Sehingga :
  $Mpr\ top = 1.217 + 912$
  $Mpr\ top = 2.129\ kN.m$
  $Mpr\ btm = 1.217 + 912$
  $Mpr\ btm = 2.129\ kN.m$

  $$V\ sway = \frac{Mpr\ top \cdot DFtop + Mpr\ btm \cdot DFbtm}{ln}$$
  $$V\ sway = \frac{2.129 \cdot 0{,}5 + 2.129 \cdot 0{,}5}{4{,}2}$$
  $V\ sway = 506{,}9\ kN$

b. Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal
   - Gaya tarik tulangan balok di kiri
     As = 3.927 mm^2

     $T1 = 1{,}25 \cdot As \cdot fy$
     $T1 = 1{,}25 \cdot 3.927 \cdot 410$
     $T1 = 2.012.582{,}79\ N$

$T1 = 2.013\ kN$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri
  C1 = T1
  C1 = 2.013 kN

- Gaya tarik tulangan balok di kanan
  As = 3.927 mm^2

  $T2 = 1{,}25 \cdot As \cdot fy$
  $T2 = 1{,}25 \cdot 3.927 \cdot 410$
  $T2 = 2.012.582{,}79\ N$
  $T2 = 2.013\ kN$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan
  C2 = T2
  C2 = 2.013 kN

c. Menghitung gaya geser pada joint
   $Vj = V\ sway - T1 - C2$
   $Vj = 507 - 2.013 - 2.013$
   $Vj = 3.518\ kN$
   Arah sesuai dengan T1

8.4.5. Kontrol kuat geser HBK

Kontrol kuat geser HBK dicek sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.2 untuk kuat geser HBK yang dikekang pada keempat sisinya adalah :

$$Vn = 1{,}7 \cdot \sqrt{fc'} \cdot Aj$$

$$Vn = 1{,}7 \cdot \sqrt{35} \cdot 1.147.500$$

$Vn = 11.540.792{,}64\ N$

$Vn = 11.541\ kN$

$\emptyset \cdot Vn = 0{,}75 \cdot 11.541$

$\emptyset \cdot Vn = 8.656\ kN$

$\emptyset \cdot Vn$	>	Vj	
8.656 kN	>	3.518 kN	***(OK)***

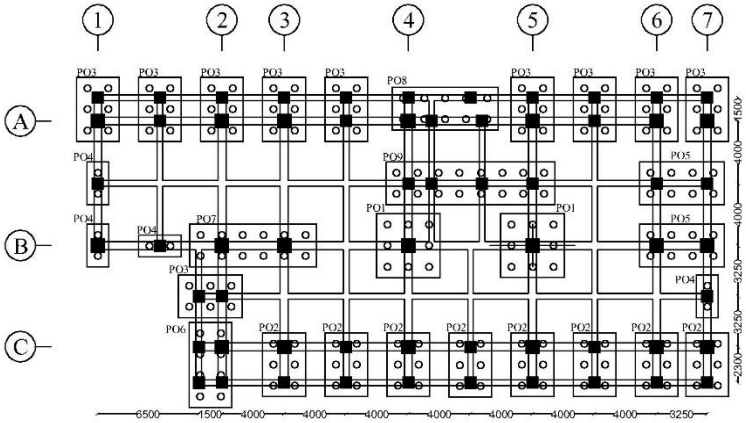
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IX

DESAIN STRUKTUR PONDASI

9.1. Umum

Pada perhitungan struktur pondasi, dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau, sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien. Untuk denah pondasi rencana adalah sebagai berikut :



Gambar 9. 1 Denah Pondasi

9.2. Perhitungan pondasi

9.2.1. Perhitungan daya dukung tanah

9.2.1.1. Data perencanaan

Apabila diketahui data data sebagai berikut :

fc’ = 35 MPa

fy = 410 MPa

D tiang pancang = 450 mm

Luas tiang (Ap) $= \frac{1}{4}.\pi.(0{,}45m)^2$

$= 0{,}159\ m^2$

Keliling penampang tiang (As) $= \pi\ .\ 0{,}45\ mm$

$= 1{,}41$ m

Untuk tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang dari WIKA BETON dengan tipe 450 mm. Data dari tiang pancang adalah sebagai berikut :

D tiang pancang = 450 mm

Ketebalan dinding = 80 mm

P ijin bahan = 134,9 ton

9.2.1.2. Daya dukung tanah

Menurut buku Desain Pondasi Tahan Gempa karangan Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti, daya dukung ijin tiang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tarik. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi tanah dan kekuatan material tiang itu sendiri.

Perhitungan daya dukung ijin tekan tiang menggunakan data SPT sebagai berikut :

Tabel 9. 1 Tabel daya dukung ijin tekan tiang berdasarkan data SPT

Tebal Lapisan	**Kedalaman Kumulatif**	**N SPT**	**fi**	**Σli.fi**	**Qs** *(Ton)*	**20 N**	**Qp** *(Ton)*	**Pa=Qp+Qs** *(Ton)*	**CEK**
0	0	0	0	0	*0,00*	0	*0,00*	*0,0*	OK
2	2	0	0	0	*0,00*	0	*0,00*	*0,0*	OK
3	5	8	8	24	*6,79*	160	*8,48*	*15,3*	OK
4	9	11	11	68	*19,23*	220	*11,66*	*30,9*	OK
3	12	3	3	77	*21,77*	60	*3,18*	*25,0*	OK
14	26	5,83	5,83	158,62	*44,85*	116,6	*6,18*	*51,0*	OK
4	30	22	12	206,62	*58,42*	440	*23,33*	*81,7*	OK

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jika kedalaman tiang pancang dapat direncanakan sedalam 30 meter. Dan didapatkan daya dukung ijin tekan tanah P ijin tanah = 81,7 Ton**.** Karena P ijin tanah lebih kecil dari P ijin bahan maka daya dukung ijin tekan tiang = 134,9 Ton.

Perhitungan daya dukung ijin tarik tiang menggunakan data SPT sebagai berikut:

Tabel 9. 2 Tabel daya dukung ijin tarik tiang berdasarkan data SPT

Tebal Lapisan	**Kedalaman Kumulatif**	**N SPT**	**fi**	**Σli.fi**	**Wp** *(Ton)*	**20 N**	**Pta** *(Ton)*
0	0	0	0	0	*0,00*	0	*0,0*
2	2	0	0		*0,76*	0	*0,8*
3	5	8	8	24	*1,91*	160	*6,7*
4	9	11	11	68	*3,44*	220	*16,9*
3	12	3	3	77	*4,58*	60	*19,8*
14	26	5,83	5,83	158,62	*9,92*	116,6	*41,3*
4	30	22	12	206,62	*11,45*	440	*52,3*

Perhitungan daya dukung ijin tarik pada kedalaman 30 m adalah 52,3 Ton.

9.2.2. Perhitungan pondasi tipe 1

1. 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)

     $S \geq 2,5\ D$

     $S \geq 2,5\ .\ 45$ cm

S ≥ 112,5 cm
Maka yang digunakan adalah dengan jarak S = 135 cm

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi poer (S')
  S' ≥ 1,5 D
  S' ≥ 1,5 . 45 cm
  S' ≥ 68 cm
  Maka yang digunakan adalah dengan jarak S' = 70 cm
  Sehingga total lebar poer adalah
  B poer = 2.S' + 2.S = 2 . 70 + 2.135 = 410 cm
  L poer = 2.S' + 2.S = 2 . 70 + 2.135 = 410 cm

  Untuk tinggi poer direncanakan setebal (h) 100 cm = 1 meter.

2. Gaya yang terjadi pada pondasi

   Dari program bantu SAP 2000 v.14 diketahui gaya gaya yang terjadi pada joint 47 adalah sebagai berikut:

   - Akibat beban tetap (1 DL + 1 LL)
     P = 437.450,77 kg
     Mx = 2.564,43 kg.m
     My = 1.308,12 kg.m

   - Akibat beban sementara (1,2 DL + 1 LL + 1 Ex)
     P = 466.765,4 kg
     Mx = 12.872,23 kg.m
     My = 4.576,84 kg.m

   - Akibat beban sementara (1,2 DL + 1 LL + 1 Ey)
     P = 511.321,1 kg
     Mx = 33.458,63 kg.m
     My = 3.772,32 kg.m

3. Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbarre dari Uniform Building Code AASHTO adalah :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S}\left[\frac{(n-1).m+(m-1).n}{90\,.\,m\,.\,n}\right]$$

Dimana :

m	= banyaknya tiang dalam kolom	= 3
n	= banyaknya tiang dalam baris	= 3
D	= diameter tiang pancang	= 0,45 m
S	= jarak antar sumbu as tiang pancang	= 1,35 m

Sehingga :

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0{,}45\ m}{1{,}35\ m}\left[\frac{(3-1).3+(3-1).3}{90\,.\,3\,.\,3}\right]$$

$= 0{,}73$

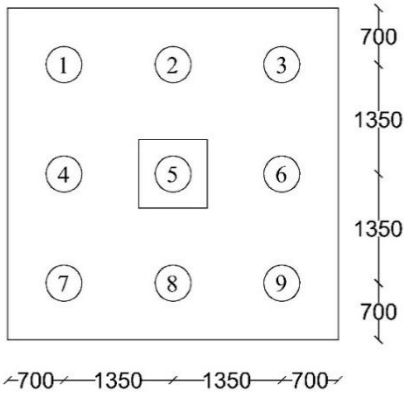
Maka daya dukung vertikal kelompok tiang adalah :

= η . Jumlah tiang . daya dukung tiang

= 0,73 . 9 . 82

= 534,79 ton > Pu = 437,45 ton dari beban tetap ***(OK)***

4. Perhitungan daya dukung tiang dalam kelompok



Gambar 9. 2 Pondasi Tipe 1

Bila P maksimum yang terjadi bernilai positif, maka pile mendapatkan gaya tekan. Akan tetapi bila P maksimum yang terjadi bernilai negatif, maka pile mendapatkan gaya tarik.

Tabel 9. 3 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	**x**	**y**	**x^2**	**y^2**
1	-1,35	1,35	1,82	1,82
2	0	1,35	0	1,82
3	1,35	1,35	1,82	1,82
4	-1,35	0	1,82	0
5	0	0	0	0
6	1,35	0	1,82	0
7	-1,35	-1,35	1,82	1,82
8	0	-1,35	0	1,82
9	1,35	-1,35	1,82	1,82
Σ			10,94	10,94

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My\,.\,x\,max}{ny\,.\sum x^2} \pm \frac{Mx\,.\,y\,max}{nx.\sum y^2}$$

$$\text{Pmaks} = \frac{437.450,77}{9} + \frac{1.308,12\,.\;1,35}{3\,.\;10,94} + \frac{2.564,43\,.1,35}{3\,.\;10,94}$$

= 48.765 kg

= 48,765 ton < 82 ton ***(OK)***

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$\text{Pmaks} = \frac{466.765,4}{9} + \frac{4.576,84\,.1,35}{3\,.\;10,94} + \frac{12.872,23\,.1,35}{3\,.\;10,94}$$

= 52.580,89 kg

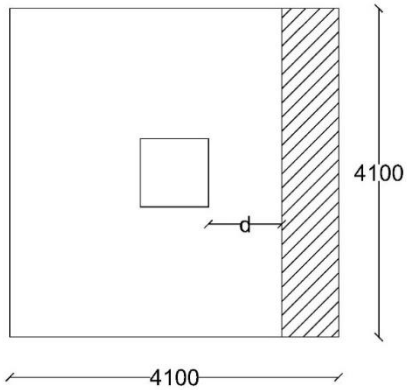
= 52,58 ton < 82 ton ***(OK)***

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$\text{Pmaks} = \frac{51.132,1}{9} + \frac{3.772,32\,.\;1.35}{3\,.\;10,94} + \frac{33.458,63\,.\;1,35}{3\,.\;10,94}$$

= 58.345,59 kg
= 58,35 ton < 82 ton ***(OK)***

5. Cek perhitungan geser satu arah pada poer akibat kolom



Gambar 9. 3 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur :

d = t_{poer} - tebal thickness - D tulangan poer – D tulangan poer/2

d = 1000 mm – 50 mm – 22 mm – 22 mm/2

= 917 mm

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14 beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2DL + 1 LL + 1Ey) adalah

Pu = 511.321,1 kg

Qu = $\frac{Pu}{B.L} = \frac{511.321{,}1 \text{ kg}}{4{,}1\ meter \times 4{,}1\ meter} = 30.418\ kg/m^2$

= $30{,}4\ ton/m^2$

Gaya geser yang terjadi pada poer

G' = Daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan satu arah

G' = L poer – (L poer/2 + b kolom/2 + d)

G' = 4.100 mm – ($\frac{4.100\ mm}{2}$ + $\frac{850\ mm}{2}$ + 917 mm)

G' = 708 mm

Vu = Qu . L . G'

Vu = 30,4 ton/m^2 .4,1 m . 0,708 m

Vu = 88,3 ton

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, Vc

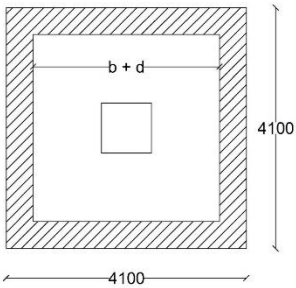
Vc = $0{,}17 \,.\, \sqrt{fc'} \,.\, b\ poer \,.\, d$

= $0{,}17 \,.\, \sqrt{35\ MPa} \,.\, 4.100\ mm \,.917\ mm$

Vc = 3.707.114,19 N

Vc = 370,7 ton > Vu = 88,3 ton ***(OK)***

6. 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, Vu :

At = (B_{poer} . L_{poer}) – (b_{kolom} + d) (h_{kolom} + d)

= (4.100 mm)^2 – (850 mm + 917 mm)^2

= 4440211 mm^2 = 4,44 m^2

Vu = Qu . At

= 30,42 ton/m^2 . 13,69 mm^2

= 416,3 ton

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai Vc terbesar :

- $Vc = 0{,}17 \,.\left(1+\frac{2}{\beta}\right) .\lambda .\sqrt{fc'}.bo\,.d$

  Dimana

  β = rasio sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

  = 850 mm/850 mm = 1

  bo = keliling penampang kritis

  = 2 (b_{kolom} + h_{kolom}) + 4 . d

  = 2 (850 mm + 850 mm) + 4 . 917 mm

  = 7.068 mm

  λ = 1 (untuk beton normal)

  Vc = $0{,}17 \,.\left(1+\frac{2}{1}\right) .\, 1 \,.\sqrt{35} \,.\, 7.068$ mm . 917 mm

  = 19.555.551,79 N = 1.955,6 ton

- $Vc = 0{,}083 \,.\left(\frac{\alpha s\,.\,d}{bo}+2\right) .\lambda .\sqrt{fc'}.bo\,.d$

  Dimana

  αs = 40 (untuk kolom tengah)

  αs = 30 (untuk kolom tepi)

  αs = 20 (untuk kolom sudut)

Vc = 0,083 . $\left(\frac{40 .917}{7.068} + 2\right)$. 1 . $\sqrt{35}$. 7.068 . 917
Vc = 22.881.364,88 N = 2.288,1 ton

- $Vc = 0{,}33 \,.\, \lambda \,.\, \sqrt{fc'} \,.\, bo \,.\, d$
  $Vc \quad = 0{,}33 \,.\, 1 \,.\, \sqrt{35\ MPa} \,.\, 7068\ mm \,.\, 917\ mm$
  Vc = 12.653.592,34 N = 1.265,4 ton

Dari ketiga persamaan diatas yang digunakan adalah nilai Vc yang terkecil, Vc = 1.265,4 ton
Vu = 416,3 ton < Vc = 1.265,4 ton ***(OK)***

7. Perencanaan tulangan lentur poer

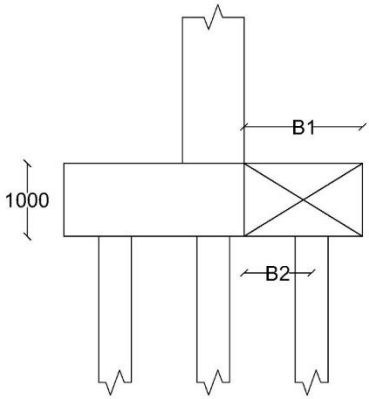
Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

a. Data perencanaan

B poer	= 4.100 mm
L poer	= 4.100 mm
h poer	= 1.000 mm
selimut beton	= 50 mm
D tulangan lentur	= 22 mm

dx = 1000 mm – 50 mm - $\frac{22\ mm}{2}$ = 939 mm
dy = 1000 mm – 50 mm – 22 - $\frac{22\ mm}{2}$ = 917 mm

b. Penulangan poer arah X



Gambar 9. 5 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

B_1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

= 4,1 m – (0,5 . 4,1 m + 0,5 . 0,85 m) = 1,625 m

B_2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

= 0,925 m

Qu= berat poer pada daerah yang ditinjau

= 2400 kg/m^3. L_{poer} . h_{poer}

= 2400 kg/m^3 . 4,1 m . 1 m

= 9.840 kg/m

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

Pu = 56.813 kg

Momen yang terjadi pada poer

Mu= Mp - Mq

= (3 . Pu . B_2) - (0,5 . Qu . B_1^2)

= (3 . 56.813 kg . 0,925 m) - (0,5 . 9.840 . 1,625^2)

= 144.665,46 kg.m = 1.446.654.642 N.mm

Mn = $\frac{Mu}{\varphi} = \frac{1.446.654.642\ N.mm}{0,9}$ = 1.607.394.046 N.mm

Rn = $\frac{Mn}{b\ .\ d^2} = \frac{1.607.394.046\ N.mm}{1000\ mm\ .\ (939\ mm)^2}$

= 1,82 N/mm^2

m = $\frac{fy}{0,85.fc'} = \frac{410\ MPa}{0,85\ .\ 35\ MPa}$ = 13,8

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

= $\frac{1}{13,8}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\ .\ 13,8\ .\ 1,82\ N/mm^2}{410\ MPa}}\right)$

= 0,0046

ρ min = $\frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{410\ MPa} = 0,003$

ρ_b = $\frac{0,85\ .\beta_1\ .fc'}{fy} \cdot \frac{600}{(600+fy)}$

ρ_b = $\frac{0,85\ .0,8\ .35}{410} \cdot \frac{600}{(600+410)}$

ρ_b = 0,034

ρ_{max} = 0,75 . ρ_b = 0,75 . 0,034 = 0,026

maka :

ρ pakai adalah 0,0046

As perlu = $\rho.b.d$

= 0,0046 . 1000 mm . 939 mm

= 4.311,6 mm^2

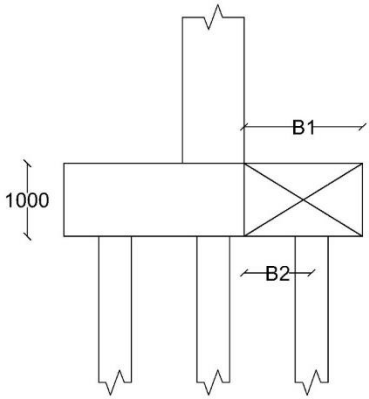
Direncanakan menggunakan D22-80 mm

As pakai = $\frac{luas\ tulangan\ .\ B}{jarak\ sengkang}$

= $\frac{0,25\ \pi\ .(22mm)^2.\ 1000\ mm}{80\ mm}$

As pakai = 4.751,7 mm^2 > As perlu = 4.311,6 mm^2

c. Penulangan poer arah Y



Gambar 9. 6 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :
B_1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom
= 4,1 m – (0,5 . 4,1 m + 0,5 . 0,85m) =1,625 m
B_2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom
= 0,925 m
Qu= berat poer pada daerah yang ditinjau
= 2400 kg/m^3. B_{poer} . h_{poer}
= 2400 kg/m^3. 4,1 m . 1 m
= 9.840 kg/m
Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang
Pu = 56.813 kg

Momen yang terjadi pada poer
Mu= Mp + Mq
= (3 . Pu . B_2) + (0,5 . Qu . B_1^2) +
= (3 . 56.813 kg . 0,925 m) + (0,5 . 56.813 . 1,625^2)
= 144.665,42 kg.m = 14.466.654.642 N.mm

Mn= $\frac{Mu}{\varphi} = \frac{14.466.654.642}{0,9}$ = 1.607.394.046 N.mm

Rn = $\frac{Mn}{b\ .d^2} = \frac{1.607.394.046\ N.mm}{1000\ mm\ .\ (917\ mm)^2}$

= 1,91 N/mm^2

m = $\frac{fy}{0,85\ .\ fc'} = \frac{410\ MPa}{0,85\ .\ 35\ MPa}$ = 13,8

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

= $\frac{1}{13,8}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\ .\ 13,8\ .\ 1,91\ N/mm^2}{410\ MPa}}\right)$

= 0,0048

ρ min = $\frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{410\ MPa} = 0,003$

ρ_b = $\frac{0,85\ .\ \beta_1\ .\ fc'}{fy} \cdot \frac{600}{(600+fy)}$

ρ_b = $\frac{0,85\ .\ 0,8\ .\ 35}{410} \cdot \frac{600}{(600+410)}$

ρ_b = 0,034

ρ_{max} = 0,75 . ρ_b = 0,75 . 0,026 = 0,02

maka :

ρ pakai adalah 0,0048

As perlu = $\rho.b.d$

= 0,0048 . 1000 mm . 917 mm

= 4.422,3 mm^2

Direncanakan menggunakan D22-80 mm

As pakai = $\frac{luas\ tulangan\ .\ B}{jarak\ sengkang}$

= $\frac{0,25\ \pi\ .\ (22mm)^2\ .\ 1000\ mm}{800\ mm}$

As pakai = 4.751,7 mm^2 > As perlu = 4.422,3 mm^2

Untuk tulangan tekan bagian atas arah x, bisa diberikan sebesar 20% tulangan utama.

Tulangan Utama Arah x, D22–80 mm → As = 4.751,7 mm^2. Bila dipasang tulangan atas D 16 – 100 mm, maka :

As' pakai $= \frac{luas\ tulangan\ .\ b}{jarak\ sengkang}$

$= \frac{0{,}25\ \pi\ .(16\ mm)^2.\ 1000\ mm}{100\ mm}$

As' pakai = 2.011 mm^2 > 20% As = 950 mm^2

Untuk tulangan tekan bagian atas arah y, bisa menggunakan tulangan yang sama D16-100 mm.

8. Panjang penyaluran tulangan pasak

Berdasarkan SNI 03:2847:2013 Pasal 12.3.2 untuk panjang penyaluran tekan diambil dari yang terbesar diantara:

- Ldc_1 $= \frac{0{,}24\ .fy}{\lambda\ .\sqrt{fc'}} = \frac{0{,}24\ .\ 410\ MPa}{1\ .\sqrt{35\ MPa}}$ = 365,92 mm
- Ldc_2 = 0,043 . db . fy
  = 0,043 . 22 mm . 410 Mpa = 387,9 mm

Ldc yang digunakan adalah 387,9 mm ≈ 400 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2 untuk panjang penyaluran tarik diambil sebagai berikut :

Ld $= \left(\frac{fy\ .\psi t\ .\psi e}{1{,}7\ .\ \lambda\ .\ \sqrt{fc'}}\right).db$

$= \left(\frac{410\ Mpa\ .\ 1\ .\ 1}{1{,}7\ .\ 1\ .\ \sqrt{35}}\right).22$

=896,9 mm

Maka, panjang penyaluran tarik yang digunakan adalah 900 mm.

9.2.3. Perhitungan pondasi tipe 2

1. 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)

     $S \geq 2{,}5\ D$

     $S \geq 2{,}5\ .\ 45$ cm

     $S \geq 112{,}5$ cm

     Maka yang digunakan adalah dengan jarak S = 135 cm

   - Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi poer (S')

     $S' \geq 1{,}5\ D$

     $S' \geq 1{,}5\ .\ 45$ cm

     $S' \geq 68$ cm

     Maka yang digunakan adalah dengan jarak S' = 70 cm

     Sehingga total lebar poer adalah

     B poer = 2 . S' + 2 . S = 2 . 70 + 2 . 135 = 410 cm

     L poer = 2 . S' + S = 2 . 70 + 135 = 275 cm

     Untuk tinggi poer direncanakan setebal (h) 100 cm = 1 meter.

2. Gaya yang terjadi pada pondasi

   Dari program bantu SAP 2000 v.14 diketahui gaya gaya yang terjadi adalah sebagai berikut:

   - Akibat beban tetap (1DL + 1 LL)

     Joint 41 :

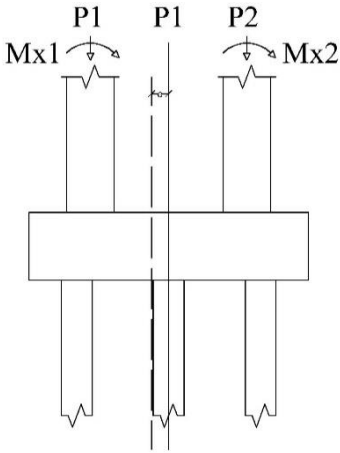
     P = 253.630,39 kg

     Mx = 3.862,175 kg.m

     My = 43,84 kg.m

Joint 33 :
P = 84.248,21 kg
Mx = 1.144,83 kg.m
My = 43,09 kg.m

Mencari eksentrisitas :



Gambar 9. 7 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 2,3 m
x = $\frac{84.248\ kg\ .\ 2{,}3\ m}{337.879\ kg}$ = 0,57 m
e = $\frac{2{,}3\ m}{2}$ - 057 m = 0,58 m

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah :
P = 337.878,6 kg
Mx= 3.862,175 + 1.144,83 + 337.878,6 . 0,58
= 199.796,51 kg.m
My= 43,84 kg.m + 43,09 kg.m
= 86,93 kg.m

- Akibat beban sementara (1,2DL + 1LL + 1Ex)

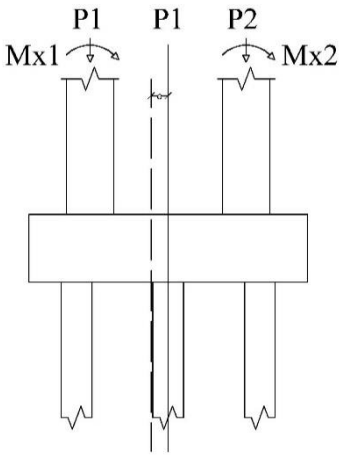
  Joint 41 :

  P = 280.671,01 kg
  Mx = 13.594,86 kg.m
  My = 2.666,33 kg.m

  Joint 33 :

  P = 107.253,48 kg
  Mx = 6.482,7 kg.m
  My = 4.791,7 kg.m

  Mencari eksentrisitas :



Gambar 9. 8 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 2,3 m

x = $\frac{107.253\ kg\ .2{,}3\ m}{387.924\ kg}$ = 0,64 m

e = $\frac{2{,}3\ m}{2}$ – 0,64 m = 0,51 m

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah :

P = 387.924,49 kg

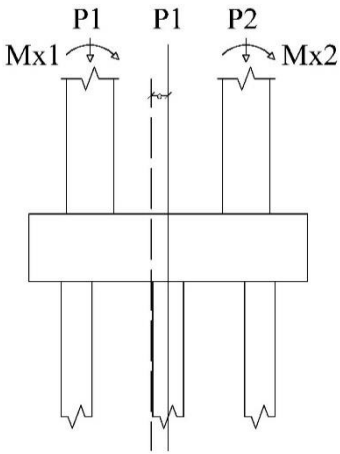
Mx = 13.594,9 + 6.482,7 + 387.924,49 . 0,51
= 219.507,72 kg.m
My = 2.666,33 kg.m + 4.791,7 kg.m
= 7.458,04 kg.m

- Akibat beban sementara (1,2DL + 1LL + 1Ey)

Joint 41 :
P = 343.194,7 kg
Mx = 34.070,9 kg.m
My = 2.416,23 kg.m

Joint 33 :
P = 160.431,88 kg
Mx = 17.910,51 kg.m
My = 1.753,86 kg.m

Mencari eksentrisitas :



Gambar 9. 9 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 2,3 m

x = $\frac{160.432\ kg\ .\ 2{,}3\ m}{503.627\ kg}$ = 0,73 m

e = $\frac{2{,}3\ m}{2}$ – 0,73 m = 0,42 m

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah :

P = 503.626,58 kg

Mx = 34.070,9 + 17.910,51 + 503.626,58 . 0,42

= 262.158,65 kg.m

My = 2.416,23 kg.m + 1.753,86 kg.m

= 4.170,1 kg.m

3. Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbarre dari Uniform Building Code AASHTO adalah :

Efisiensi (η) =$1 - \arctan \frac{D}{S}\left[\frac{(n-1).m+(m-1).n}{90\ .m\ .\ n}\right]$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam kolom

= 3

n = banyaknya tiang dalam baris

= 2

D = diameter tiang pancang

= 0,45 m

S = jarak antar sumbu as tiang pancang

= 1,35 m

Sehingga :

Ƞ = $1 - \arctan \frac{0{,}45\ m}{1{,}35\ m}\left[\frac{(2-1)\ .\ 3+(3-1)\ .\ 2}{90\ .\ 3\ .\ 2}\right]$

= 0,76

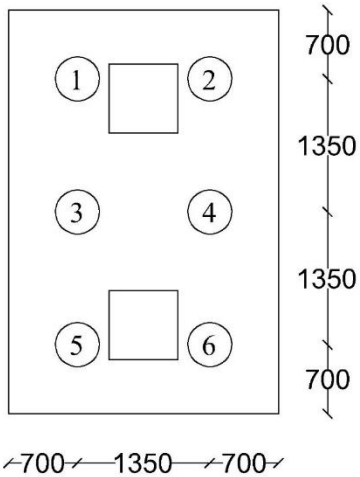
Maka daya dukung vertikal kelompok tiang adalah :

= Ƞ . Jumlah tiang . daya dukung tiang

= 0,76 . 6 . 82

= 373,27 ton > Pu = 337,88 ton dari beban tetap ***(OK)***

4. Perhitungan daya dukung tiang dalam kelompok



Gambar 9. 10 Pondasi Tipe 2

a. Perhitungan akibat beban tetap:

Tabel 9. 4 Tebal Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap

No	x	y	x^2	y^2
1	-0,68	0,77	0,46	0,59
2	0,68	0,77	0,46	0,59
3	-0,68	-0,58	0,46	0,34
4	0,68	-0,58	0,46	0,34
5	-0,68	-1,93	0,46	3,72
6	0,68	-1,93	0,46	3,72
Σ			2,7	9,3

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My\ .x\ max}{ny\ .\sum x^2} \pm \frac{Mx\ .y\ max}{nx.\sum y^2}$$

Pmaks = $\frac{5337.878.6}{6}$ - $\frac{86,93\ .\ 0,68}{2\ .\ 2.73}$ + $\frac{199.796,51\ .1,93}{3\ .\ 9,31}$

= 70.132,41 kg

= 70,13 ton < 82 ton ***(OK)***

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

Tabel 9. 5 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X

No	x	y	x^2	y^2
1	-0,68	0,84	0,46	0,71
2	0,68	0,84	0,46	0,71
3	-0,68	-0,51	0,46	0,26
4	0,68	-0,51	0,46	0,26
5	-0,68	-1,86	0,46	3,46
6	0,68	-1,86	0,46	3,46
Σ			3,65	19,0

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My\ .x\ max}{ny\ .\sum x^2} \pm \frac{Mx\ .y\ max}{nx.\sum y^2}$$

Pmaks = $\frac{387.924,49}{6}$ + $\frac{7.458\ .\ 0,68}{2\ .\ 2,73}$ + $\frac{219.507,72\ .\ 1,86}{3\ .\ 8,85}$

= 80.951,73 kg

= 80,95 ton < 82 ton ***(OK)***

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

Tabel 9. 6 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y

No	x	y	x^2	y^2
1	-0,68	0,93	0,46	0,86
2	0,68	0,93	0,46	0,86
3	-0,68	-0,42	0,46	0,18
4	0,68	-0,42	0,46	0,18
5	-0,68	-1,77	0,46	3,13
6	0,68	-1,77	0,46	3,13
Σ			2,7	8,3

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My\,.\,x\,max}{ny\,.\sum x^2} \pm \frac{Mx\,.\,y\,max}{nx.\sum y^2}$$

Pmaks = $\frac{503.626,58}{6}$ - $\frac{4.170,1\,.\ 0,68}{2\,.\ 2,7}$ + $\frac{262.158,65\,.\ 1,77}{3\,.\ 8,3}$

= 65.925,25 kg

= 65,93 ton < 82 ton ***(OK)***

5. Cek perhitungan geser satu arah pada poer akibat kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur :

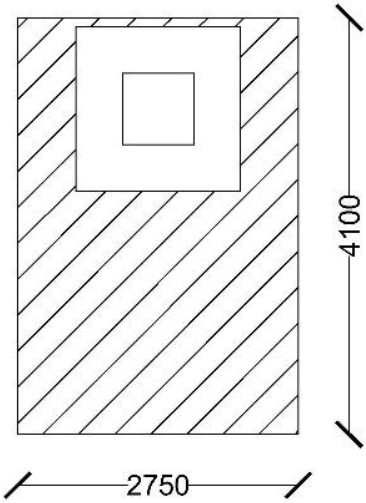
d = t_{poer} - tebal thickness - D tulangan poer – D tulangan poer/2

d = 1000 mm – 50 mm – 22 mm – 22 mm/2

= 917 mm

Karena nilai d = 917 mm > jarak tepi kolom ke tepi pile cap 550 mm. Maka cek geser satu arah tidak diperlukan.

6. Cek perhitungan geser dua arah pada poer akibat kolom dan tiang pancang



Gambar 9. 11 Bidang Kritis Geser Dua Arah

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, Vu :

At $= (B_{poer}.L_{poer}) - (b_{kolom}+d)\ (h_{kolom}+d)$

$= (4.100 \text{ mm} . 2.750 \text{ mm}) - (850 \text{ mm} + 917 \text{ mm})^2$

$= 8{,}66 \text{ m}^2$

Vu $= Qu.At$

$= 44{,}7 \text{ ton/m}^2 . 8{,}66 \text{ mm}^2$

$= 386{,}6$ ton

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai Vc terbesar :

- $Vc = 0{,}17.\left(1+\frac{2}{\beta}\right).\lambda.\sqrt{fc'}.bo.d$

  Dimana

  β = rasio sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

  = 700 mm/700 mm = 1

  bo = keliling penampang kritis

  = 2 (b_{kolom} + h_{kolom}) + 4.d

  = 2 (700 mm + 700 mm) + 4. 917 mm

  = 6.468 mm

  λ = 1 (untuk beton)

  Vc = $0{,}17.\left(1+\frac{2}{1}\right).1.\sqrt{35}.6.468.917$

  = 17.895.487,97 N = 1.790 ton

- $Vc = 0{,}083.\left(\frac{\alpha s.d}{bo}+2\right).\lambda.\sqrt{fc'}.bo.d$

  Dimana

  αs = 40 (untuk kolom tengah)

  αs = 30 (untuk kolom tepi)

  αs = 20 (untuk kolom sudut)

  Vc = $0{,}083.\left(\frac{35.917}{76.46.468}+2\right).1.\sqrt{35}.1.790.917$

  Vc = 18.211.974,26 N = 1.821 Ton

- $Vc = 0{,}33.\lambda.\sqrt{fc'}.bo.d$

  $Vc = 0{,}33.1.\sqrt{35}.1.790.917$

  Vc = 11.579.433,39 N = 1.158 ton

Dari ketiga persamaan diatas yang digunakan adalah nilai Vc yang terkecil, Vc = 1.158 Ton

Vu = 386,8 ton < Vc = 1.158 ton ***(OK)***

7. 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

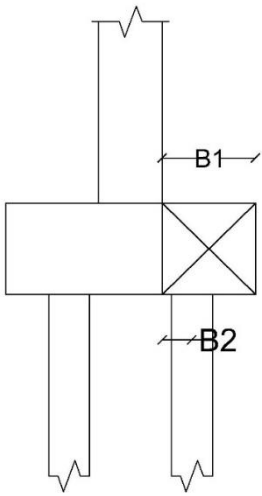
a. Data Perencanaan

B poer = 4.100 mm
L poer = 2.750 mm
h poer = 1.000 mm
selimut beton = 50 mm
D tulangan lentur = 22 mm

dx = 1.000 mm – 50 mm - $\frac{22}{2}$ = 939 mm

dy = 1.000 mm – 50 mm – 22 - $\frac{22}{2}$ = 917 mm

b. Penulangan poer arah X



Gambar 9. 12 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

B_1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

= 2,75 m – (0,5 . 2,75m + 0,5 . 0,70 m)

= 1,025 m

B_2 = jarak dari as tiang pancang ke as kolom

= 0,325 m

Qu= berat poer pada daerah yang ditinjau

= 2400 kg/m^3. B $_{poer}$. h_{poer}

= 2400 kg/m^3. 4,1 m . 1 m

= 9.840 kg/m

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

Pu = 83.937,8 kg

Momen yang terjadi pada poer

Mu= Mp - Mq

= (3 . Pu . B_2) - (0,5 . Qu . B_1^2)

= (3 . 83.937,8 . 0,325) - (0,5 . 9.840 . 1,025^2)

= 76.670,24 kg.m = 766.702.442,5 N.mm

Mn= $\frac{Mu}{\varphi} = \frac{766.702.442{,}5\ N.mm}{0{,}9}$ = 851.891.603 N.mm

Rn= $\frac{Mn}{b\ .\ d^2} = \frac{851.891.603\ N.mm}{1000\ mm\ .\ (939\ mm)^2}$

= 0,37 N/mm^2

m = $\frac{fy}{0{,}85\ .\ fc'} = \frac{410\ MPa}{0{,}85\ .\ 35\ MPa}$ = 13,8

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

= $\frac{1}{13{,}8}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\ .\ 13{,}8\ .\ 0{,}37\ N/mm^2}{410\ MPa}}\right)$

= 0,0009

ρ min = $\frac{1{,}4}{fy} = \frac{1{,}4}{410\ MPa}$ = 0,0035

ρ_b = $\frac{0{,}85\ .\ \beta_1\ .\ fc'}{fy} \cdot \frac{600}{(600+fy)}$

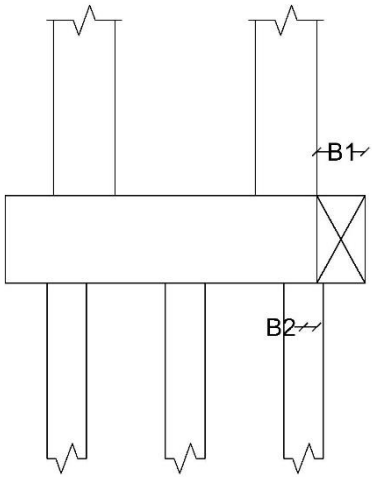
ρ_b = $\frac{0{,}85\ .\ 0{,}8\ .\ 35}{410} \cdot \frac{600}{(600+410)}$

ρ_b = 0,035

ρ_{max} = 0,75 . ρ_b = 0,75 . 0,035 = 0,02

maka :
ρ pakai adalah 0,0035
As perlu $= \rho . b . d$
= 0,0035 . 1000 mm . 939 mm
= 3.286,5 mm^2
Direncanakan menggunakan D22-100 mm
As pakai $= \frac{luas\ tulangan\ .\ B}{jarak\ sengkang}$
$= \frac{0{,}25\ \pi\ .\ (22mm)^2.\ 1000\ mm}{100\ mm}$
As pakai = 3.801,3 mm^2 > As perlu = 3.286,5 mm^2

c. Penulangan poer arah Y



Gambar 9. 13 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :
B_1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom
= 0,6 m
B_2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom
= 0,2 m

Qu= berat poer pada daerah yang ditinjau

= 2400 kg/m^3. L $_{poer}$. h $_{poer}$

= 2400 kg/m^3.2,75 m . 1 m

= 6.600 kg/m

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

Pu = 847953 kg

Momen yang terjadi pada poer

Mu= Mp + Mq

= (2 . Pu . B_2) + (0,5 . Qu . B_1^2)

= (2 . 847953 kg . 0,2 m) + (0,5. 6.600 kg/m. 0,6^2)

= 26.179,58 kg.m = 261.795.790 N.mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{261.795.790\ N.mm}{0,9} = 290.884.211\ \text{N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\ .d^2} = \frac{290.884.211\ N.mm}{1000\ mm.\ (917\ mm)^2}$$

= 0,13 N/mm^2

$$m = \frac{fy}{0,85\ .\ fc'} = \frac{410\ MPa}{0,85\ .\ 35\ MPa} = 13,8$$

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

$$= \frac{1}{13,8}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\ .\ 13,8\ .\ 0,13\ N/mm^2}{410\ MPa}}\right)$$

= 0,0003

$$\rho\ min = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{410\ MPa} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85\ .\beta_1\ .fc'}{fy}\ .\ \frac{600}{(600+fy)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85\ .\ 0,8\ .\ 35}{410}\ .\ \frac{600}{(600+410)}$$

ρ_b = 0,03

ρ_{max} = 0,75 . ρ_b = 0,75 . 0,03 = 0,02

maka :

ρ pakai adalah 0,0035

As perlu $= \rho . b . d$
$= 0{,}0035 \,.\, 1000 \text{ mm} \,.\, 917 \text{ mm}$
$= 3.209{,}5 \text{ mm}^2$

Direncanakan menggunakan D22-100 mm

As pakai $= \frac{luas\ tulangan\ .\ b}{jarak\ sengkang}$

$= \frac{0{,}25\,\pi\ .\ (22mm)^2.\ 1000\ mm}{100\ mm}$

As pakai = 3.801,3 mm^2 > As perlu = 3.209,5 mm^2

Untuk tulangan tekan bagian atas, bisa diberikan sebesar 20% tulangan utama.

- Arah X
  Tulangan Utama D22 – 100 mm → As = 3.810 mm^2
  Bila dipasang tulangan atas D 16 – 100 mm
  As' pakai $= \frac{luas\ tulangan\ .\ b}{jarak\ sengkang}$
  $= \frac{0{,}25\,\pi\ .\ (16\ mm)^2\ .\ 1000\ mm}{100\ mm}$
  As' pakai = 2.011 mm^2 > 20% As = 760,265 mm^2

- Arah Y
  Tulangan Utama D22 – 100 mm → As = 3801 mm^2
  Bila dipasang tulangan atas D 16 – 100 mm
  As' pakai $= \frac{luas\ tulangan\ .\ L}{jarak\ sengkang}$
  $= \frac{0{,}25\,\pi\ .\ (16\ mm)^2.\ 1000\ mm}{100\ mm}$
  As' pakai = 2.011 mm^2 > 20% As = 760,265 mm^2

8. Panjang penyaluran tulangan pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2 untuk panjang penyauran tekan diambil dari yang terbesar diantara

- Ldc_1 $= \frac{0{,}24\ .\ fy}{\lambda\ .\ \sqrt{fc'}} = \frac{0{,}24\ .\ 410\ MPa}{1\ .\ \sqrt{35\ MPa}}$ = 365,9 mm
- Ldc_2 = 0,043 . db . fy
  = 0,043 . 22 mm . 410 Mpa = 387,9 mm

Ldc yang digunakan adalah 387,86 mm ≈ 400 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 untuk panjang penyaluran tarik diambil sebagai berikut :

Ld $= \left(\frac{fy\ .\ \psi t\ .\ \psi e}{1{,}7\ .\ \lambda\ .\ \sqrt{fc'}}\right) . db$

$= \left(\frac{410\ Mpa\ .\ 1\ .\ 1}{1{,}7\ .\ 1\ .\ \sqrt{35}}\right) . 22$

= 896,9 mm

Maka panjang penyaluran tarik yang digunakan adalah 900 mm.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB X

METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN PELAT LANTAI

10.1. Umum

Dalam tugas akhir terapan ini sistem balok dan pelat yang dipakai adalah konvensional. Balok yang digunakan memiliki tipe yang berbeda-beda. Balok terdiri dari 2 macam, yaitu balok utama (balok induk) dan balok anak. Semua pekerjaan balok dan pelat lantai dilakukan langsung di lokasi yang direncanakan, mulai dari pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran sampai perawatan.

10.2. Pekerjaan Persiapan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai

a. Pekerjaan pengukuran

Pengukuran ini bertujuan untuk mengatur atau memastikan kerataan ketinggian balok dan pelat lantai.

b. Pembuatan bekisting

Pekerjaan bekisting balok dan pelat merupakan satu kesatuan pekerjaan, karena dilaksanakan secara bersamaan. Pembuatan panel bekisting balok harus sesuai dengan gambar kerja. Dalam pemotongan *plywood* harus cermat dan teliti sehingga hasil akhirnya sesuai dengan luasan pelat atau balok yang akan dibuat. Pekerjaan balok dilakukan langsung di lokasi dengan mempersiapkan material utama antara lain: kaso, balok kayu, dan papan *plywood*.

c. Pabrikasi besi

Untuk balok, pemotongan dan pembengkokan besi dilakukan sesuai kebutuhan dengan *bar cutter* dan *bar bending*. Pembesian balok dilakukan dengan sistem pabrikasi di los besi dan ada yang dirakit di atas bekisting yang sudah jadi. Sedangkan pembesian pelat dilakukan di atas bekisting yang sudah jadi.

10.3. Pekerjaan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai

Tahap pekerjaan balok dan pelat lantai dilakukan secara bersamaan.

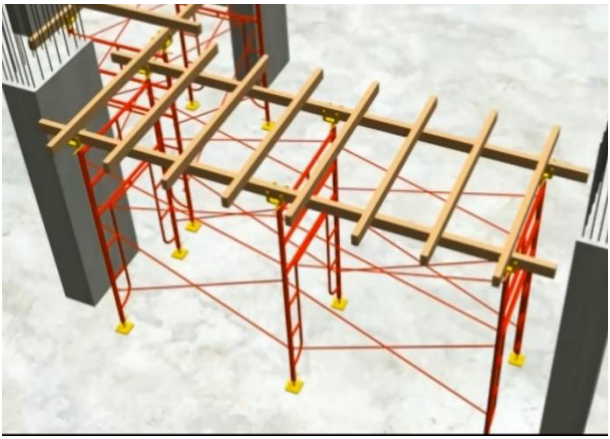
a. Pembekistingan balok

Tahap pembekistingan balok adalah sebagai berikut :

1. *Scaffolding* dengan masing masing jarak 100 cm disusun berjajar sesuai dengan kebutuhan di lapangan, baik untuk bekisting balok maupun pelat.
2. Memperhitungkan ketinggian *scaffolding* balok dengan mengatur *jack base* dan *U-head*.

Gambar 10. 1 *Jack Base* dan *U-head*

3. Pada *U-head* dipasang balok kayu (girder) sejajar denga arah *cross brace* dan di atas girder dipasang balok suri tiap jarak 60 cm dengan arah melintangnya, kemudian dipasang pasangan *plywood* sebagai alas balok. Pemasangan balok suri dapat dilihat pada gambar 10.2 di bawah ini.



Gambar 10. 2 Pemasangan Balok Suri pada Bagian Balok

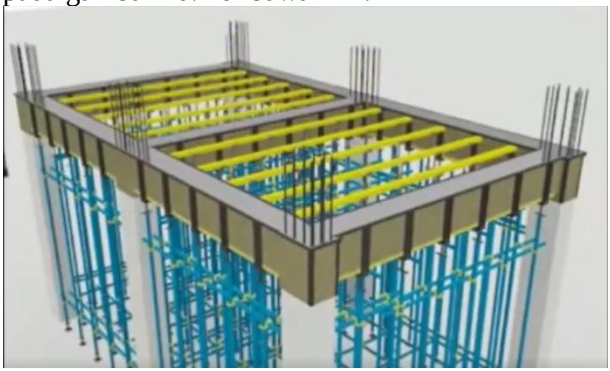
4. Kemudian dipasang dinding bekisting balok dan dikunci dengan siku yang dipasang di atas suri-suri seperti yang dapat dilihat pada gambar 10.3 dibawah ini.

Gambar 10. 3 Pemasangan Balok Sikuu pada Bekisting Balok

b. Pembekistingan pelat

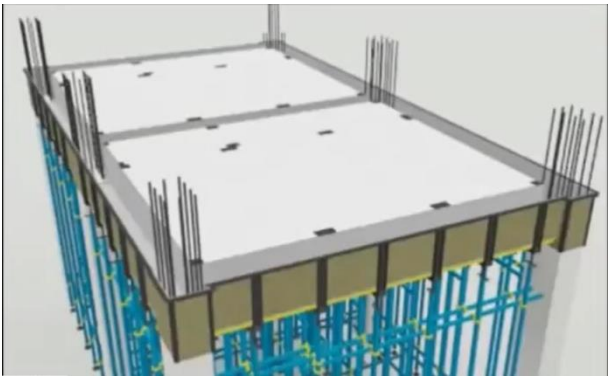
Tahap pembekistingan pelat adalah sebagai berikut :

1. *Scaffolding* disusun sejajar bersamaan dengan *scaffolding* untuk balok. Karena posisi pelat lebih tinggi daripada balok maka *scaffolding* untuk pelat lebih tinggi daripada balok dan diperlukan *main frame* tambahan dengan menggunakan *join pin*. Perhitungkan ketinggian *scaffolding* pelat dengan mengaur *jack base* dan *U-head jack*-nya.
2. Pada *U-head* dipasang balok kayu sejajar dengan arah *cross brace* dan di atas girder dipasang suri-suri dengan arah melintangnya seperti yang dapat dilihat pada gambar 10.4 di bawah ini.



Gambar 10. 4 Pemasangan Balok Suri pada Bagian Pelat

3. Kemudian dipasang *plywood* sebagai alas pelat. Pasang juga dinding untuk tepi pada pelat dan dijepit menggunakan siku. *Plywood* dipasang serapat mungkin sehingga tidak terdapat rongga yang dapat menyebabkan kebocoran pada saat pengecoran.



Gambar 10. 5 Plywood pada Bagian Pelat

4. Semua bekisting rapat terpasang, sebaiknya diolesi dengan minyak sebagai pelumas agar beton tidak menempel pada bekisting sehingga dapat mempermudah dalam pekerjaan pembongkaran dan bekisting masih dalam kondisi layak pakai untuk pekerjaan berikutnya.

c. Pengecekan

Setelah pemasangan bekisting balok dan pelat lantai dianggap selesai, selanjutnya pengecekan tinggi level pada bekisting balok dan pelat dengan *waterpass*, jika sudah selesai maka bekisting untuk balok dan pelat sudah siap.

d. Pembesian balok

Tahap pembesian balok adalah sebagai berikut :

1. Untuk pembesian balok pada awalnya dilakukan pabrikasi besi di los besi kemudian diangkat menggunakan *tower crane* ke lokasi yang akan dipasang.
2. Besi tulangan balok yang sudah diangkat lalu diletakkan di atas bekisting balok dan ujung besi balok dimasukkan ke kolom.

3. Pasang beton *decking* untuk jarak selimut beton pada alas dan samping balok lalu diikat.
4. Dipasang tulangan bawah di atas beton *decking*, ujung tulangan bawah dimasukkan ke dalam tulangan kolom sebagai penjangkaran yang dapat dilihat pada gambar 9.6. Apabila terdapat sambungan pada penulangan dilakukan sambungan lewatan. Sambungan tulangan dilakukan selang seling dan harus dihindarkan penempatan sambungan di tempat-tempat dengan tegangan maksimum.
5. Pemasangan tulangan sengkang yang diatur jaraknya dimana jarak pada tumpuan lebih rapat dibandingkan jarak tengah bentang. Sengkang diikat dengan kawat beton.
6. Tulangan atas dipasang dengan cara dimasukkan satu per satu ke dalam tulangan sengkang di bagian atas kemudian diikat dengan kawat. Ujung tulangan atas dimasukkan ke dalam tulangan kolom sebagai panjang penjangkaran. Sebagai pengaku dipakai tulangan torsi sesuai perencanaan (apabila dibutuhkan).

e. Pembesian pelat

Setelah tulangan balok terpasang, selanjutnya adalah tahap pembesian pelat antara lain :

1. Dipasang tulangan bawah lapis 1 di atas beton *decking*. Tulangan ini dipasang melewati tulangan atas balok.
2. Dipasang tulangan bawah lapis 2 di atas lapis 1 dengan arah tegak lurus lapis 1 kemudian persilangan tulangan di ikat dengan kawat beton.
3. Untuk mendapatkan jarak tertentu antar tulangan atas dan tulangan bawah dipasang tulangan kaki ayam yaitu potongan besi yang dipotong sedemikian rupa sehingga dapat menjaga jarak antara tulangan atas

dengan tulangan bawah. Bentuk kaki ayam pada tulangan pelat dapat dilihat pada gambar 10.6. Persilangan tulangan atas diikat dengan kawat beton.

Gambar 10. 6 Tulangan Cakar Ayam pada Pelat Lantai

f. Pengecekan

Setelah pembesian balok dianggap selesai, kemudian diadakan *checklist*/ pemeriksaan untuk tulangan. Adapun yang diperiksa untuk pembesian balok adalah diameter, jumlah tulangan utama, jarak, jumlah sengkang, ikatan kawat dan beton *decking*. Untuk pembesian pelat yang diperiksa adalah penyaluran pembesian pelat terhadap balok, jumlah dan jarak tulangan ekstra, perkuatan pada lubang-lubang di pelat lantai, beton *decking*, kaki ayam dan kebersihannya.

10.4. Pekerjaan Pengecoran Balok dan Pelat Lantai

Setelah pekerjaan pembesian balok dan pelat lantai selesai, maka dapat dilakukan pengecoran. Pengecoran balok dan pelat lantai dilakukan secara bersamaan. Pengecoran balok dan pelat beton menggunakan *concrete pump*. Pada saat pengecoran, pekerja *vibrator* memasukkan alat *vibrator* ke dalam adukan kurang lebih

5-10 menit di setiap bagian alat yang dicor. Pemadatan tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya rongga udara pada beton yang akan mengurangi kualitas beton. Setelah proses pengecoran selesai sampat batas pengecoran, maka akan dilakukan *finishing*.

10.5. Pekerjaan Pembongkaran Bekisting

Untuk pembongkaran bekisting balok dan pelat lantai dilakukan 4 hari setelah pengecoran.

10.6. Pekerjaan Perawatan *(Curing)*

Setelah dilaksanakan pengecoran, untuk menjaga mutu beton dilakukan perawatan beton. Perawatan beton yang dilakukan adalah dengan menyiram/ membasahi beton 2 kali selama 1 minggu.

10.7. Pemilihan Alat Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai

Setelah ditentukan urutan metode pelaksanaan pekerjaan konstrukdi kemudian dilakukan pemilihan alat yang akan digunakan untuk melaksanakan pekerjaan.

a. *Tower Crane (TC)*

Gambar 10. 7 Tower Crane

Tower Crane (TC) adalah alat mobilisasi bahan dan peralatan yang dibutuhkan pada pekerjaan balok dan pelat lantai. Bahan dan peralatan yang dapat diangkat oleh TC seperti *concrete bucket* dan tulangan-tulangan.

b. *Concrete Bucket* atau *Concrete Pump*

Gambar 10. 8 Concrete Bucket

Concrete bucket merupakan wadah yang berfungsi untuk mengangkat beton ketika akan dilakukan pengecoran. Dalam penggunaannya, *concrete bucket* akan dipasang dengan pipa tremi untuk dapat mengalirkan beton.

Gambar 10. 9 Concrete Pump

Sedangkan *concrete pump* adalah pompa beton yang digunakan untuk mengalirkan beton dari satu tempat ke tempat lain. Pompa beton dapat berupa pompa tunggal yang ditarik dengan kendaraan lain atau selang karet yang tebal.

c. *Concrete Vibrator*

Gambar 10. 10 Concrete Vibrator

Concrete Vibrator digunakan untuk meratakan adonan beton supaya sesuai komposisi dalam perencanaan sehingga kekuatan rencananya tercapai.

BAB XI

PENUTUP

11.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil perhitungan dan juga analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, dapat diketahui beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh struktur yang efisien, perencanaan struktur gedung beton bertulang 10 lantai yang dikenakan kategori desain seismik D dan termasuk kategori resiko IV dapat dirancang menggunakan sistem struktur penahan beban lateral detailing khusus yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dan pengaruh gempa rencana berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan harus ditinjau dengan periode ulang gempa 2500 tahun.
2. Didapatkan perubahan dimensi-dimensi struktur balok dan kolom dari kondisi eksisting dan kondisi setelah didesain sebagai berikut :

No	**Komponen**	**Tipe**	**Struktur Eksisting**	**Struktur Desain**
			(cm)	***(cm)***
1	Balok	B1	40/60	50/70
		B2	40/60	50/70
		B3	40/60	50/70
		B4	40/60	50/70
		B5	20/50	50/70
		B6	20/50	50/70
		B7	20/50	35/50
		B8	20/50	35/50
		B9	20/50	35/50
		B10	20/50	35/50
		B11	20/50	35/50
		B12	20/50	35/50

		BB	20/50	35/50
		BL	20/50	35/50
2	Kolom	K1	65/65	85/85
		K2	30/15	70/70

3. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, hasil perhitungan struktur Gedung Medik Rumah Sakit Siti Khadijah Taman Sepanjang dengan menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus adalah sebagai berikut :
   a. Komponen pelat lantai
      Pelat dua arah

Tipe Pelat	**Ly**	**Lx**	**Tumpuan**		**Lapangan**		**Susut**
			X	**Y**	**X**	**Y**	
	(m)	***(m)***	***(mm)***	***(mm)***	***(mm)***	***(mm)***	***(mm)***
P1	4	4	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P2	4	4	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P3	4	3,25	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P4	4	3,25	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P6	4	3,25	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P7	3,25	3,25	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P9	1,5	1,5	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P10	3,25	2,3	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P11	4	2,3	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P12	4	2,3	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P13	2,3	1,5	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P16	4	3,25	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
PB1	4	4	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB2	4	4	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB3	4	3,25	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB4	4	3,25	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB6	4	3,25	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB7	3,25	3,25	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB9	1,5	1,5	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB11	3,25	2,3	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB12	4	2,3	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200
PB15	4	2,3	D13-120	D13-150	D13-120	D13-150	D13-200

Pelat satu arah

Tipe Pelat	Ly	Lx	Lapangan X	Tumpuan X	Susut
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)
P5	4	1,5	D10-150	D10-150	D10-150
P8	4	1,5	D10-150	D10-150	D10-150
P14	3,25	1,5	D10-150	D10-150	D10-150
P15	3,25	1,5	D10-150	D10-150	D10-150
P17	3,25	1,5	D10-150	D10-150	D10-150
P18	3,25	1,5	D10-150	D10-150	D10-150
P19	3,25	1,5	D10-150	D10-150	D10-150
PB5	4	1,5	D13-120	D13-120	D13-200
PB8	4	1,5	D13-120	D13-120	D13-200
PB10	6,5	1,5	D13-120	D13-120	D13-200
PB13	3,25	1,5	D13-120	D13-120	D13-200
PB14	3,25	1,5	D13-120	D13-120	D13-200

b. Komponen pelat tangga dan bordes

Pelat tangga

Tipe Tangga	**Tebal (t) *(mm)***	**Tulangan**	
		Lentur	**Susut**
TL	150	D13-200	D10-200
TB	150	D13-200	D10-200

Pelat bordes

Tipe Tangga	**Tebal (t) *(mm)***	**Tulangan**	
		Lentur	**Susut**
TL	150	D13-50	D10-200
TB	150	D13-50	D10-200

c. Komponen balok

Tipe Balok	Dimensi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Torsi
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah			
B1	50/70	8D25	6D25	3D25	3D25	3D13-100	3D13-100	4D16
B2	50/70	4D25	3D25	3D25	3D25	3D13-100	3D13-100	4D16
B3	50/70	5D25	5D25	3D25	3D25	3D13-100	3D13-100	4D16
B4	50/70	5D25	4D25	3D25	3D25	3D13-80	3D13-80	4D16
B5	50/70	3D25	3D25	3D25	3D25	3D13-50	3D13-50	4D16
B6	50/70	3D25	3D25	3D25	3D25	3D13-80	3D13-80	4D16
B7	35/50	3D19	2D19	3D19	2D19	2D10-200	2D10-200	4D13
B8	35/50	2D19	2D19	2D19	2D19	2D10-140	2D10-140	4D13
B9	35/50	3D19	2D19	3D19	2D19	2D10-140	2D10-140	4D13
B10	35/50	2D19	2D19	2D19	2D19	2D10-140	2D10-140	4D13
B11	35/50	2D19	2D19	2D19	2D19	2D10-140	2D10-140	4D13
B12	35/50	2D19	2D19	2D19	2D19	2D10-140	2D10-140	4D13
BB	35/50	3D16	2D16	3D16	2D16	2D10-200	2D10-200	-
BL	35/50	3D19	2D19	3D19	2D19	2D13-200	2D13-200	-

d. Komponen kolom

Tipe Kolom	**Dimensi**	**Tulangan**		
		Lentur	**Geser**	
	(mm)		**Pada l_0**	**Diluar l_0**
K1	850x850	16D25	5D16-100	5D16-150
K2	750x750	12D25	4D16-100	4D16-150

4. Metode pelaksanaan yang dibahas adalah pekerjaan pelaksanaan konstruksi balok dan pelat lantai. Langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan konstruksi balok dan pelat lantai yaitu :
   a. Pekerjaan persiapan :

- Pekerjaan pengukuran.
- Pembuatan bekisting.
- Pabrikasi besi.

b. Pekerjaan pelaksanaan :
- Pembekistingan balok
- Pembekistingan pelat
- Pengecekan
- Pembesian balok
- Pembesian pelat
- Pengecekan

c. Pekerjaan pengecoran
d. Pekerjaan pembongkaran bekisting
e. Pekerjaan perawatan *(curing)*

Alat-alat yang digunakan untuk melakukan pekerjaan pelaksanaan konstruksi balok dan pelat lantai diantaranya yaitu :

a. *Tower crane*
b. *Concrete bucket* atau *concrete pump*
c. *Concrete vibrator*

11.2. Saran

1. Pentingnya menyusun sistematika dan metodologi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini secara runtut agar lebih mudah dan sistematis dalam proses pengerjaan Tugas Akhir Terapan, serta data penunjang yang lengkap.
2. Perlunya ketelitian dalam analisa dan perhitungan untuk pengerjaan Tugas Akhir, dikarenakan banyaknya perhitungan struktur yang ada, agar tidak ada yang terlewat dan tidak terjadi kesalahan.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

ASCE 7-02. **Minimum Design Loads for Building and Other Structure**. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).** Jakarta: BSN

Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)**. Jakarta: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).** Jakarta: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. **Tata Cata Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03 1729:2002).** Jakarta: BSN.

Imran. Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang.** Bandung: Penerbit ITB.

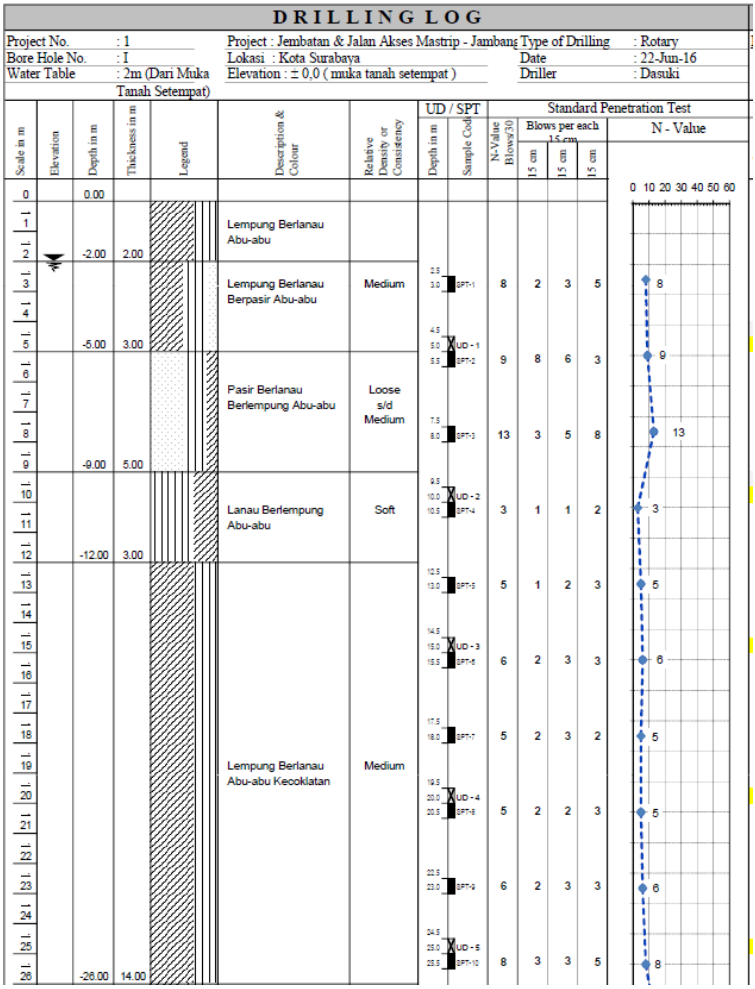
Purwono, Rachmat. 2010. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa.** Surabaya: ITS Press.

PPIUG 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung.** Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

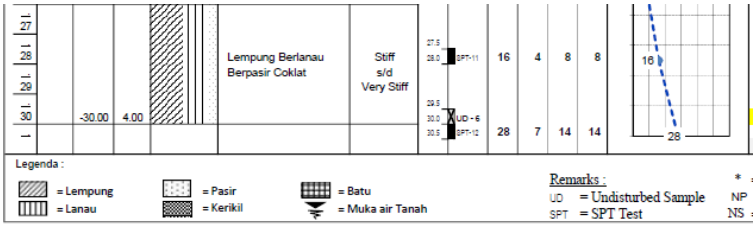
- Data Tanah



DRILLING LOG

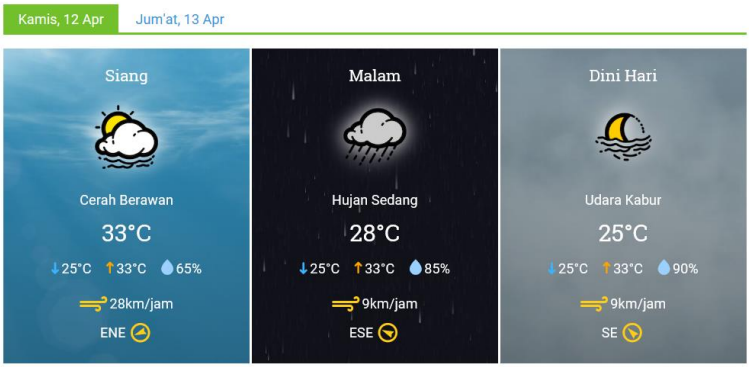
Project No.	: 1	Project : Jembatan & Jalan Akses Mastrip - Jambang	Type of Drilling : Rotary
Bore Hole No.	: I	Lokasi : Kota Surabaya	Date : 22-Jun-16
Water Table	: 2m (Dari Muka Tanah Setempat)	Elevation : ± 0,0 (muka tanah setempat)	Driller : Dasuki

Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Description & Colour	Relative Density or Consistency	UD / SPT Depth in m	UD / SPT Sample Code	N-Value Blows/30	Blows per each 15 cm (15 cm)	Blows per each 15 cm (15 cm)	Blows per each 15 cm (15 cm)	N - Value
0		0.00										
1				Lempung Berlanau Abu-abu								
2		-2.00	2.00									
3				Lempung Berlanau Berpasir Abu-abu	Medium	2.5 / 3.0	SPT-1	8	2	3	5	8
4												
5		-5.00	3.00			4.5 / 5.0	UD - 1					
						5.5	SPT-2	9	8	6	3	9
6				Pasir Berlanau Berlempung Abu-abu	Loose s/d Medium							
7												
8						7.5 / 8.0	SPT-3	13	3	5	8	13
9		-9.00	5.00									
10						9.5 / 10.0	UD - 2					
				Lanau Berlempung Abu-abu	Soft	10.5	SPT-4	3	1	1	2	3
11												
12		-12.00	3.00									
13						12.5 / 13.0	SPT-5	5	1	2	3	5
14												
15						14.5 / 15.0	UD - 3					
						15.5	SPT-6	6	2	3	3	6
16												
17												
18						17.5 / 18.0	SPT-7	5	2	3	2	5
19				Lempung Berlanau Abu-abu Kecoklatan	Medium							
20						19.5 / 20.0	UD - 4					
						20.5	SPT-8	5	2	2	3	5
21												
22												
23						22.5 / 23.0	SPT-9	6	2	3	3	6
24												
25						24.5 / 25.0	UD - 5					
						25.5	SPT-10	8	3	3	5	8
26		-26.00	14.00									

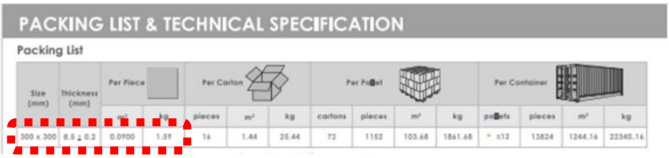


- **Data Kecepatan Angin**

Sidoarjo (Kab. Sidoarjo)



- **Data Pembebanan (Brosur yang dipakai)**
  - **Brosur keramik**



PACKING LIST & TECHNICAL SPECIFICATION

Packing List

Size (mm)	Thickness (mm)	Per Piece			Per Carton			Per Pallet				Per Container			
		m²	kg		pieces	m²	kg	cartons	pieces	m²	kg	pallets	pieces	m²	kg
300 x 300	8.5 ± 0.2	0.0900	1.59		16	1.44	25.44	72	1152	103.68	1861.68	± 12	13824	1244.16	22340.16

  - **Brosur dinding bata ringan**

CITICON BATA RINGAN

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600

Tinggi, H (mm) : 200 ; 400

Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ) : 530 kg/m³

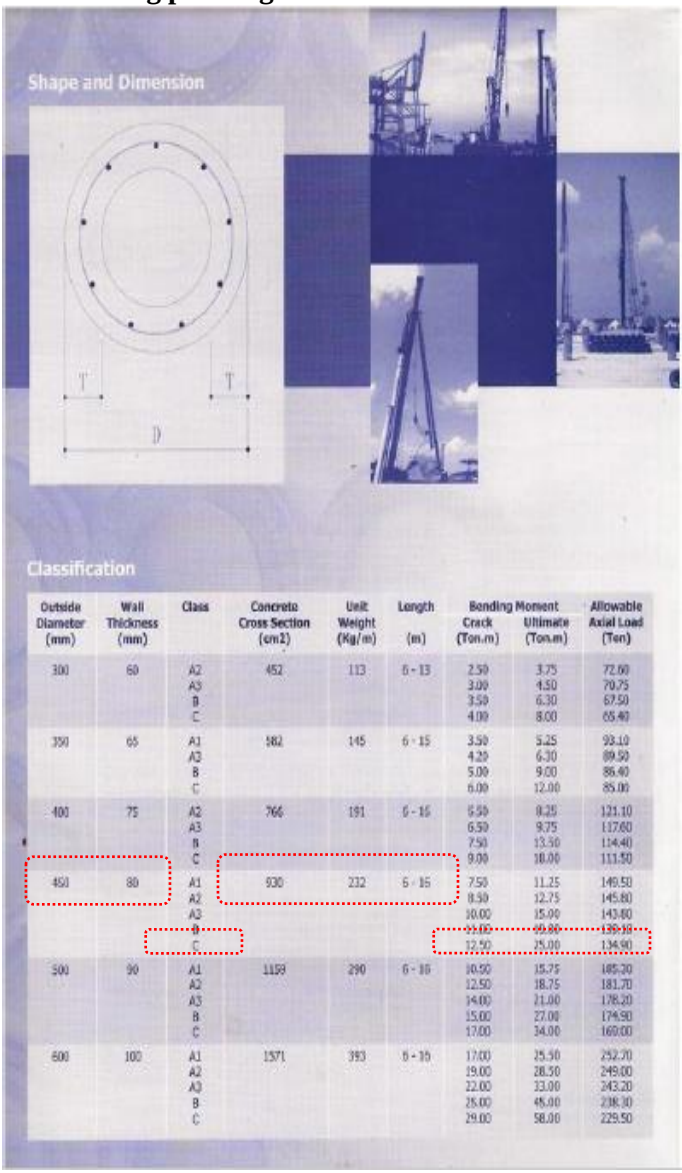
Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³

Kuat tekan, (σ) : ≥ 4,0 N/m²

Konduktifitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m²	m²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m³	Bok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

- **Brosur tiang pancang**



Shape and Dimension

Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm2)	Unit Weight (Kg/m)	Length (m)	Bending Moment Crack (Ton.m)	Bending Moment Ultimate (Ton.m)	Allowable Axial Load (Ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		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
		A2				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 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	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 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	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	238.30
		C				29.00	58.00	229.50

BIODATA PENULIS

M. Richzad Prima S., lahir di Surabaya, 21 November 1995, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al Falah Tropodo, SD Al Falah Tropodo 2, SMP Al Falah Tropodo dan SMAN 1 Waru. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di program studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil regular Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2014 sehingga terdaftar dengan NRP 101 114 100 000 02. Penulis mengambil konsentrasi Bidang Struktur Bangunan Gedung di bangku perkuliahan dan menulis buku ini untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan. Penulis sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN. Tbk pada Proyek Pembangunan Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya.

Narahubung :

Email : richzadprima21@gmail.com

LAMPIRAN GAMBAR TEKNIK TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

MUHAMMAD RICHZAD PRIMA SATRYADHIIM
NRP. 101 114 100000 02

Dosen Pembimbing
Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

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

LAMPIRAN GAMBAR TEKNIK TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

MUHAMMAD RICHZAD PRIMA SATRYADHIIM
NRP. 101 114 100000 02

Dosen Pembimbing
Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

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

DAFTAR GAMBAR

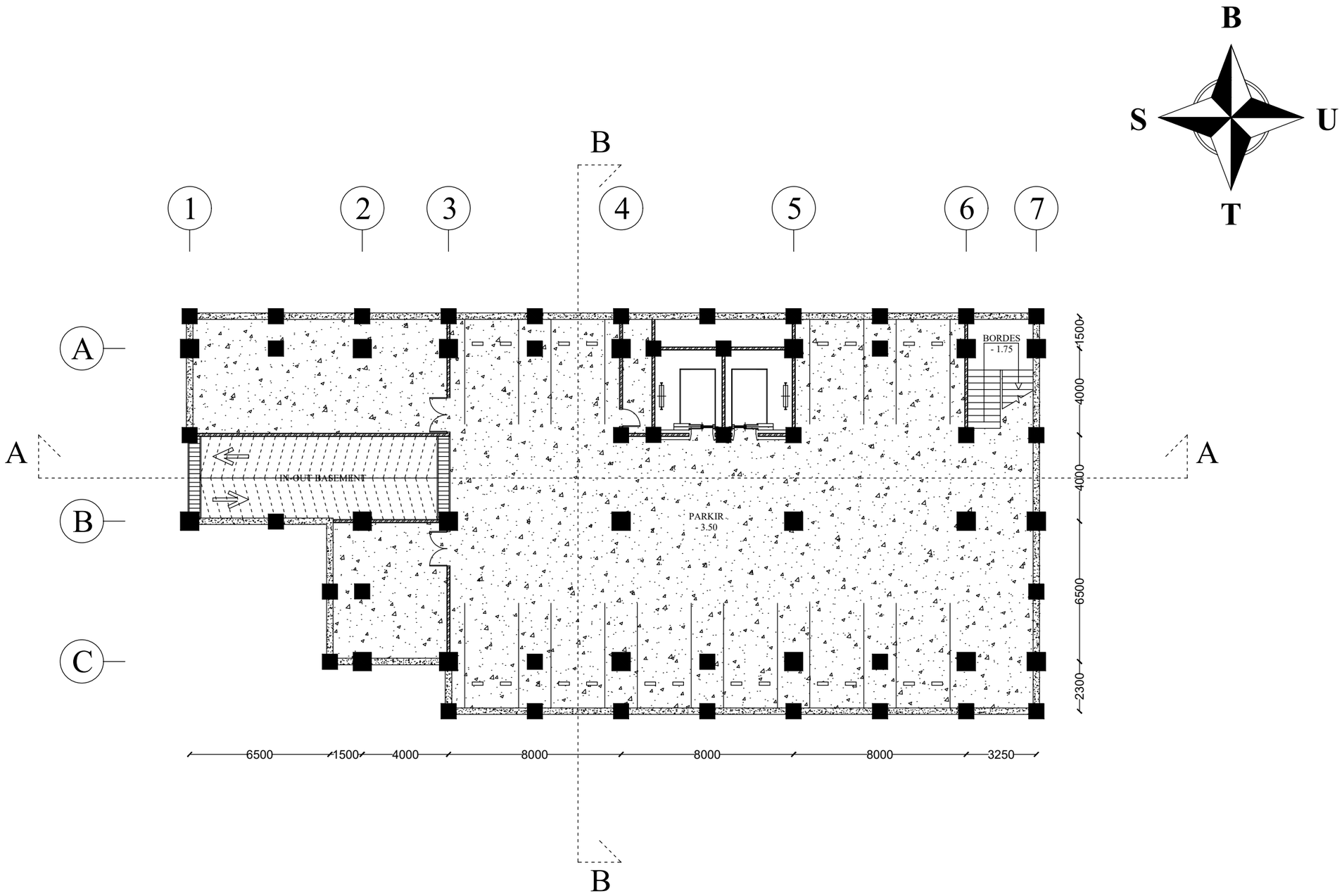
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH LANTAI		
ARS	Denah Lantai Basement	1
ARS	Denah Lantai 1	2
ARS	Denah Lantai 2	3
ARS	Denah Lantai 3	4
ARS	Denah Lantai 4	5
ARS	Denah Lantai 5	6
ARS	Denah Lantai 6	7
ARS	Denah Lantai 7	8
ARS	Denah Lantai 8	9
ARS	Denah Lantai Attic	10
ARS	Denah Lantai Atap	11
TAMPAK		
ARS	Tampak Selatan dan Tampak Utara	12
ARS	Tampak Timur	13
ARS	Tampak Barat	14
POTONGAN		
ARS	Potongan A - A	15
ARS	Potongan B - B	16
STRUKTUR PELAT		
STR	Denah Pelat Lantai Basement	17
STR	Denah Pelat Lantai 1	18
STR	Denah Pelat Lantai 2-8	19

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	Denah Pelat Lantai Attic	20
STR	Denah Pelat Lantai Atap	21
STR	Denah Pelat Lantai Attic Lift	22
STR	Denah Penulangan Pelat Lantai Basement	23
STR	Denah Penulangan Pelat Lantai 1	24
STR	Denah Penulangan Pelat Lantai 2-8	25
STR	Denah Penulangan Pelat Lantai Attic	26
STR	Denah Penulangan Pelat Lantai Atap	27
STR	Denah Penulangan Pelat Lantai Attic Lift	28
STR	Detail Penulangan Pelat PB1	29
STR	Detail Penulangan Pelat PB2	30
STR	Detail Penulangan Pelat P1	31
STR	Detail Penulangan Pelat P2	32
TANGGA		
STR	Denah Tangga dan Potongan A-A Tangga	33
STR	Detail A dan Detail B Penulangan Tangga	34
STRUKTUR BALOK DAN KOLOM		
STR	Denah Sloof dan Kolom Lantai Basement	35
STR	Denah Balok dan Kolom Lantai 1	36
STR	Denah Balok dan Kolom Lantai 2-8	37
STR	Denah Balok dan Kolom Lantai Attic	38
STR	Denah Balok dan Kolom Lantai Atap	39
STR	Denah Balok dan Kolom Lantai Attic Lift	40

DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	Detail Penulangan Balok Induk (B1)	41
STR	Detail Penulangan Balok Induk (B2)	42
STR	Detail Penulangan Balok Induk (B3)	43
STR	Detail Penulangan Balok Induk (B4)	44
STR	Rekapitulasi Penulangan Balok Induk	45
STR	Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	46
STR	Detail Penulangan Kolom K1	47
STR	Detail Penulangan Kolom K2	48
STR	Rekapitulasi Penulangan Kolom	49
STR	Detail Hubungan Balok - Kolom	50
STRUKTUR PONDASI		
STR	Denah Pondasi	51
STR	Detail Penulangan Pondasi PO1	52
STR	Detail Penulangan Pondasi PO2	53
STR	Detail Penulangan Pondasi PO3	54
STR	Detail Penulangan Pondasi PO4	55
STR	Detail Penulangan Pondasi PO5	56
STR	Detail Penulangan Pondasi PO6	57
STR	Detail Penulangan Pondasi PO7 dan PO8	58
STR	Detail Penulangan Pondasi PO9	59
STRUKTUR PORTAL		
STR	Penulangan Portal Memanjang	60
STR	Penulangan Portal Melintang	61

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	Detail Penulangan Portal Memanjang	62



DENAH LANTAI BASEMENT

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

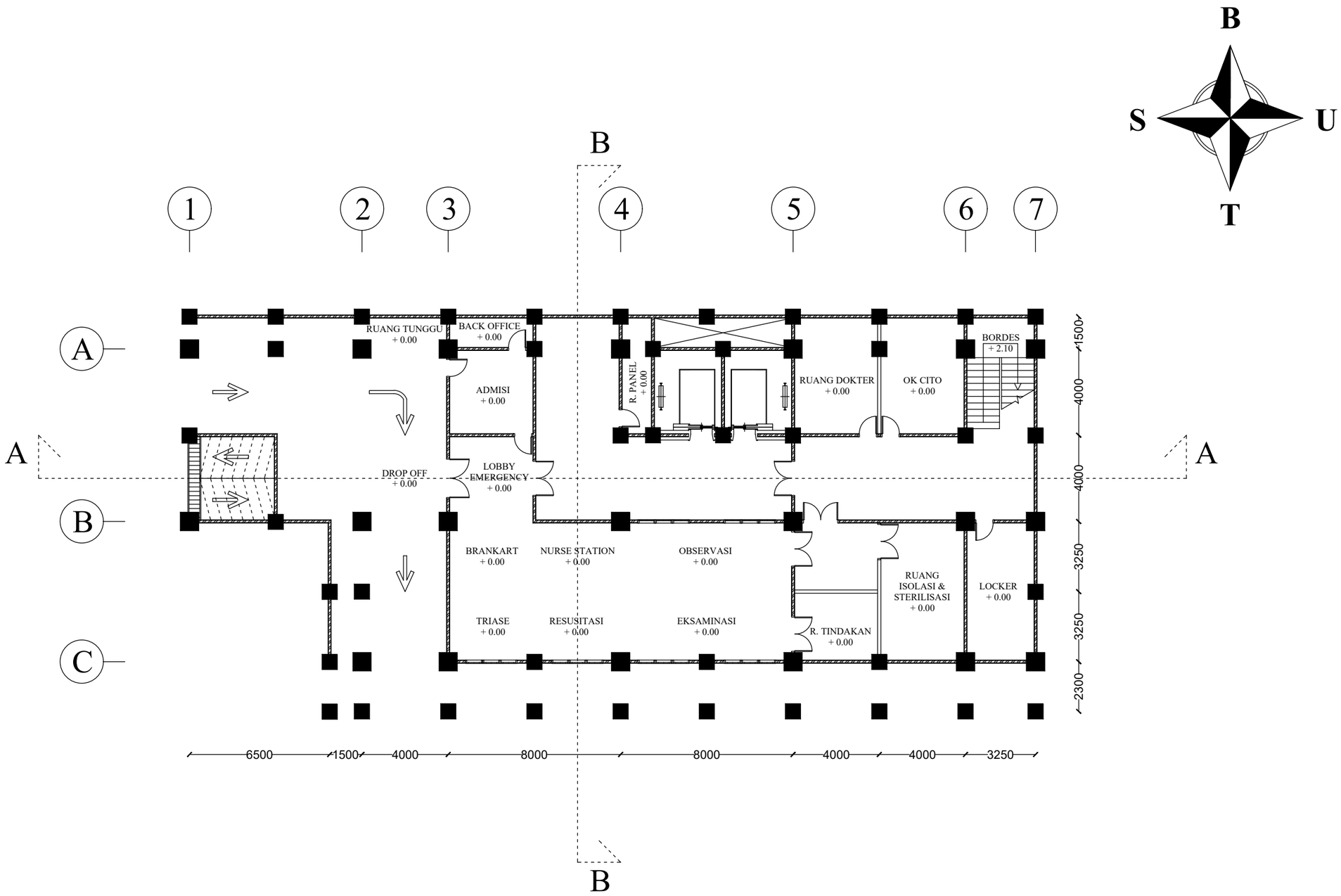
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
1	62



DENAH LANTAI 1

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

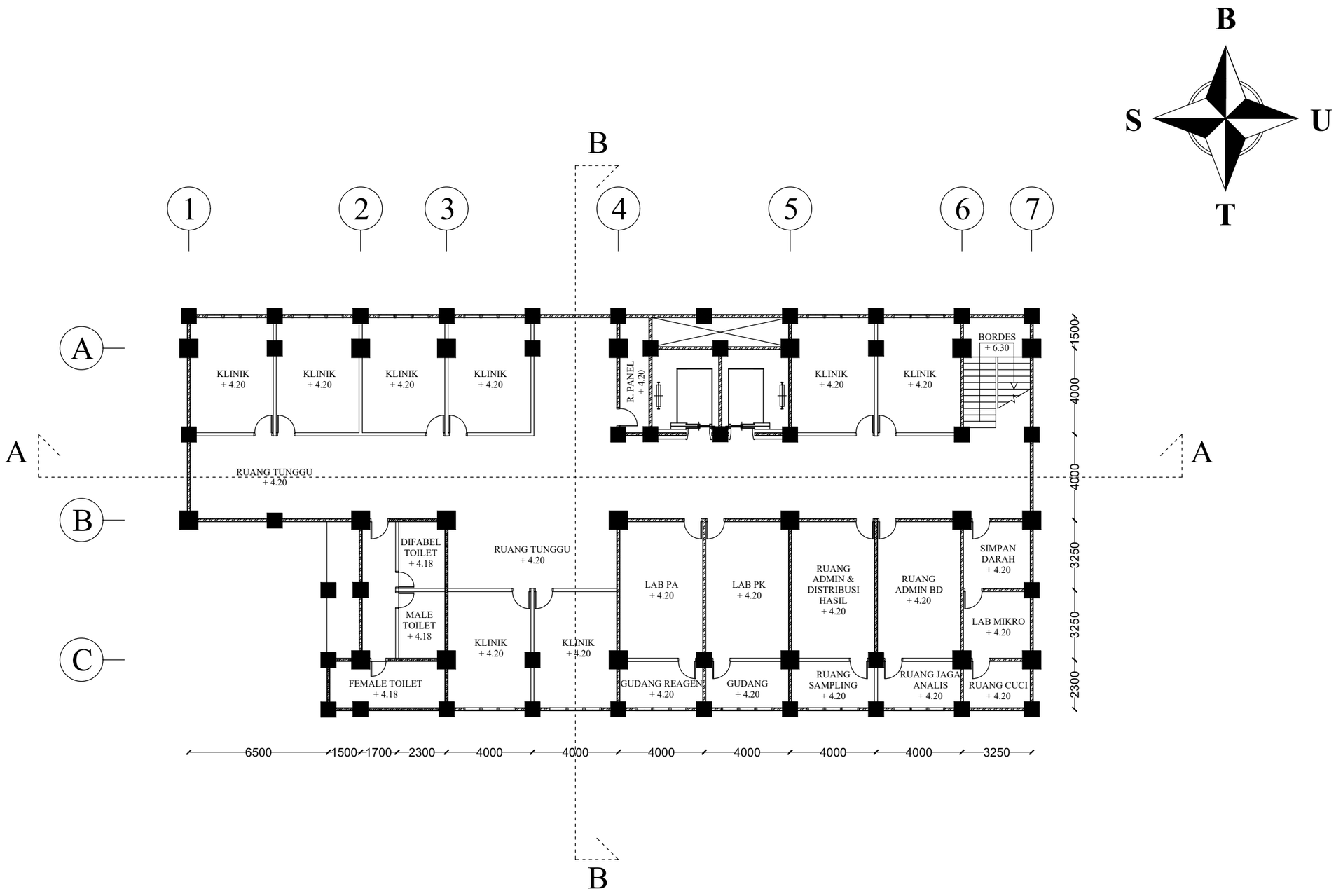
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
2	62



DENAH LANTAI 2

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

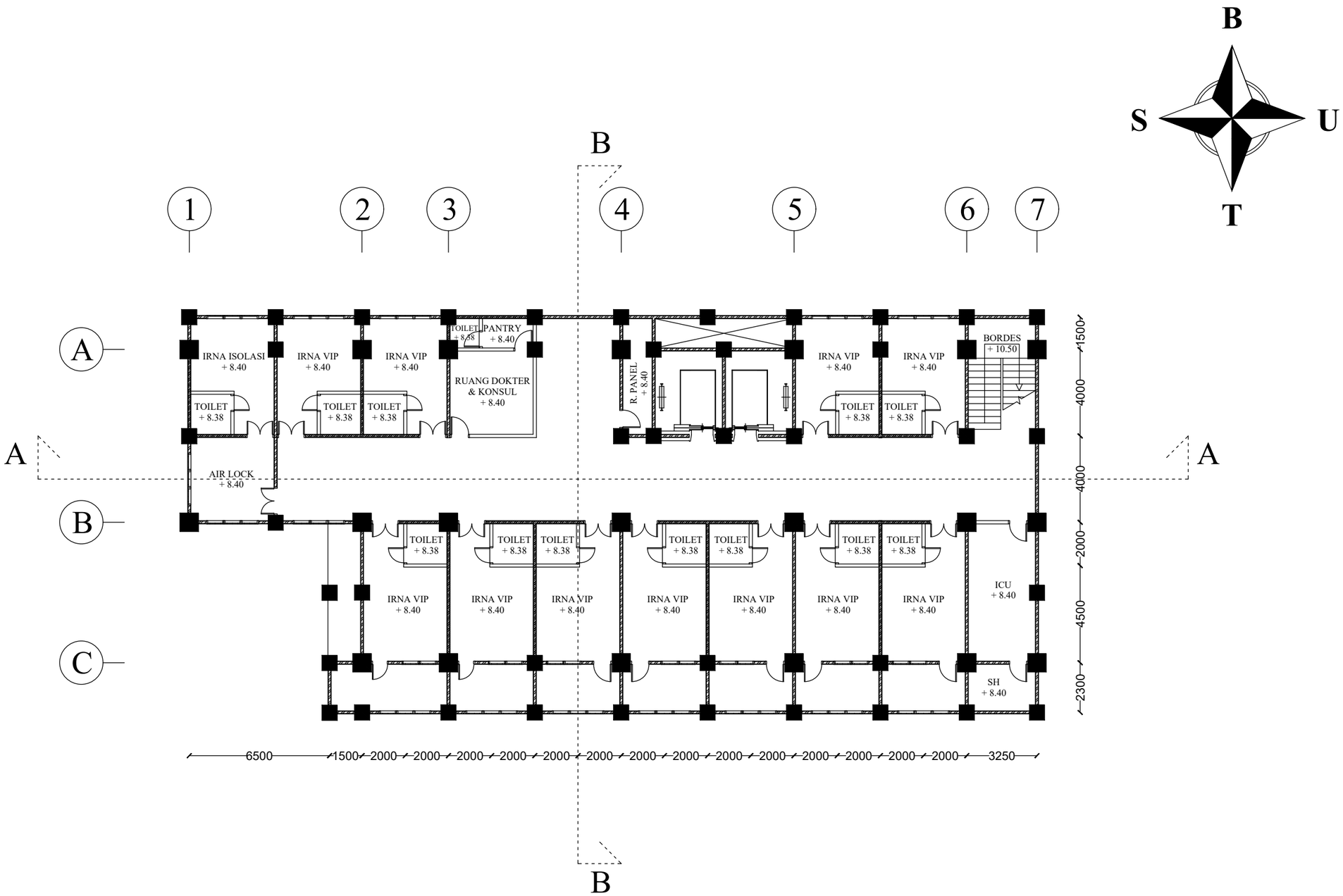
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
3	62



DENAH LANTAI 3

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

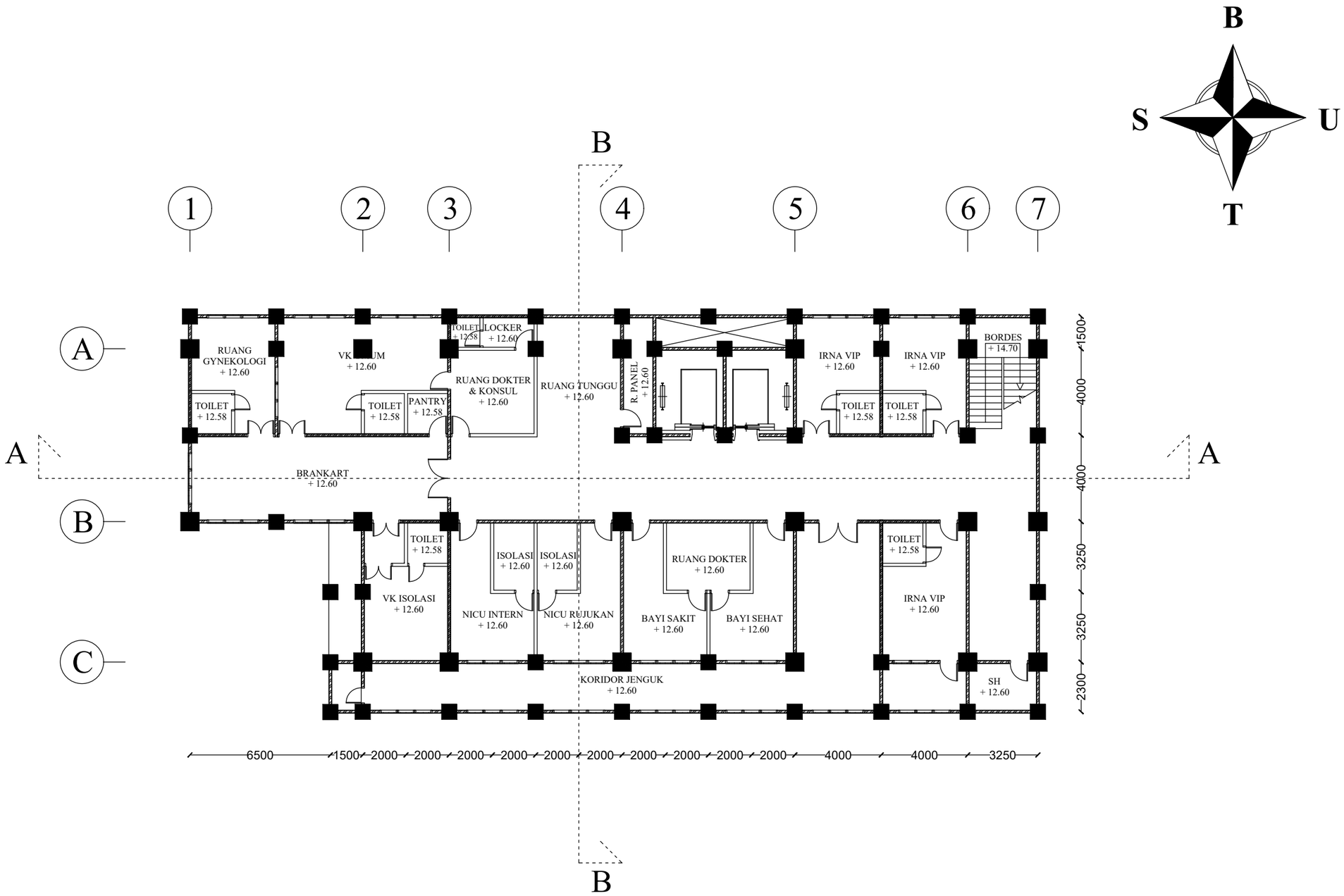
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
4	62



DENAH LANTAI 4

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

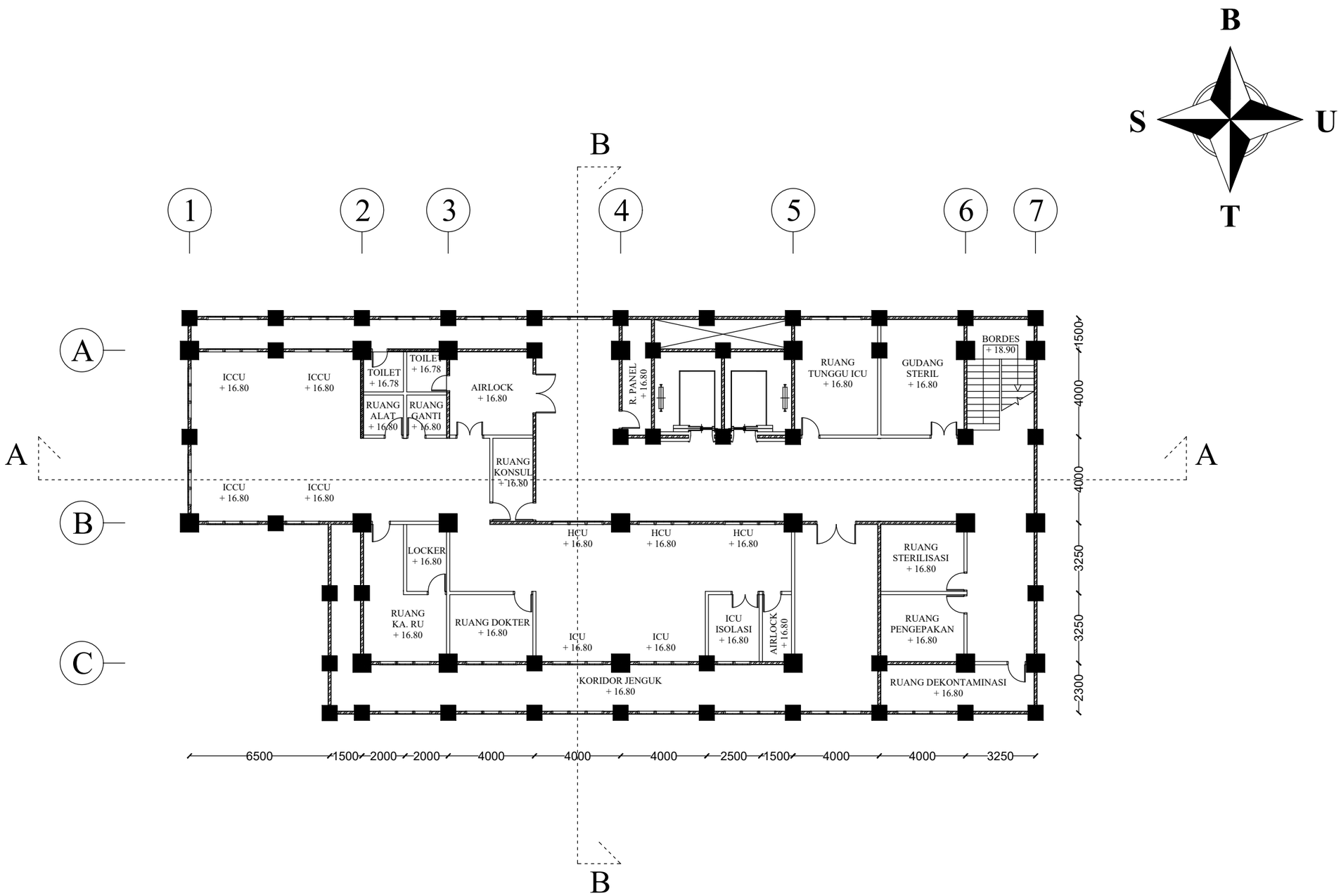
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
5	62



DENAH LANTAI 5

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

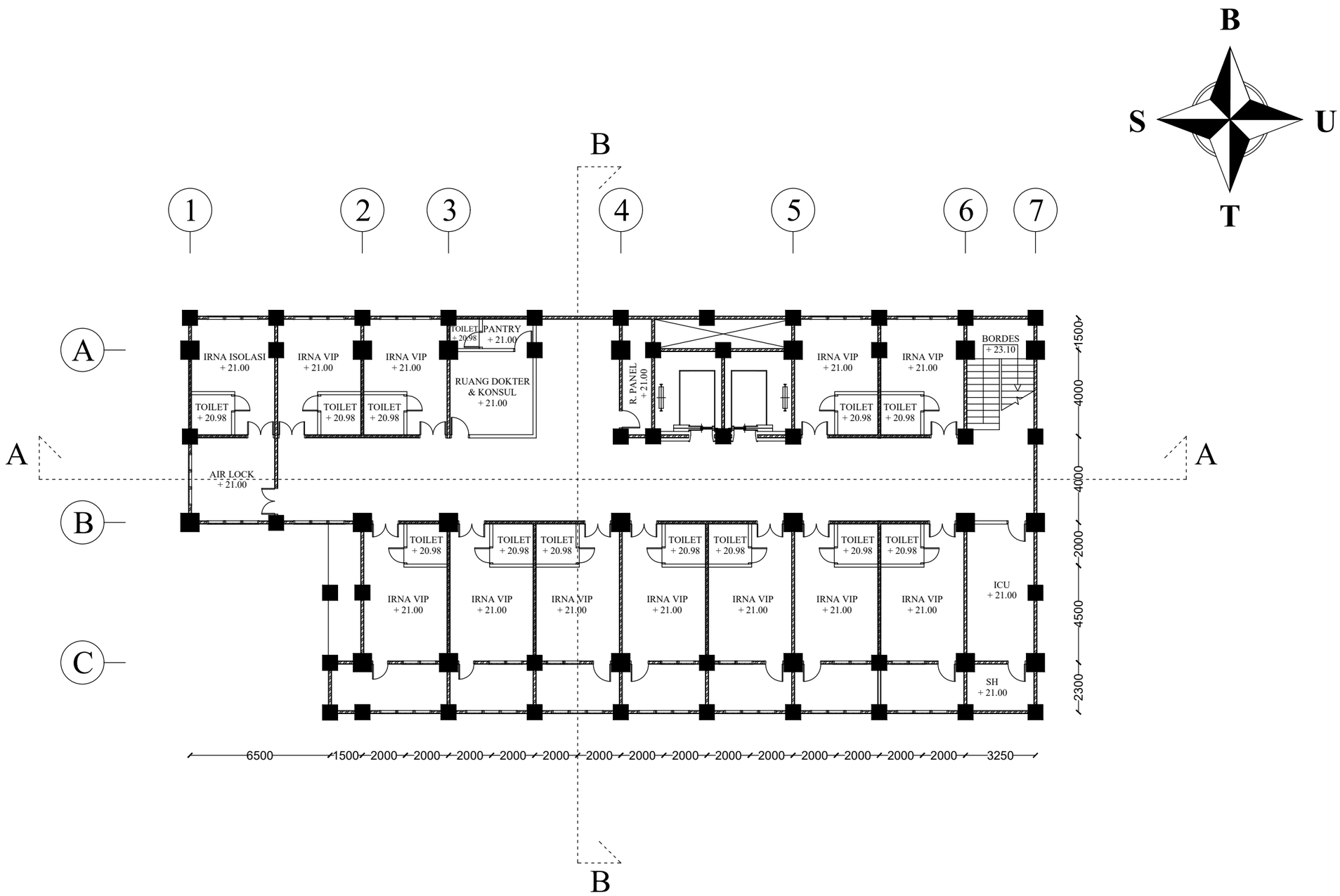
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
6	62



DENAH LANTAI 6

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

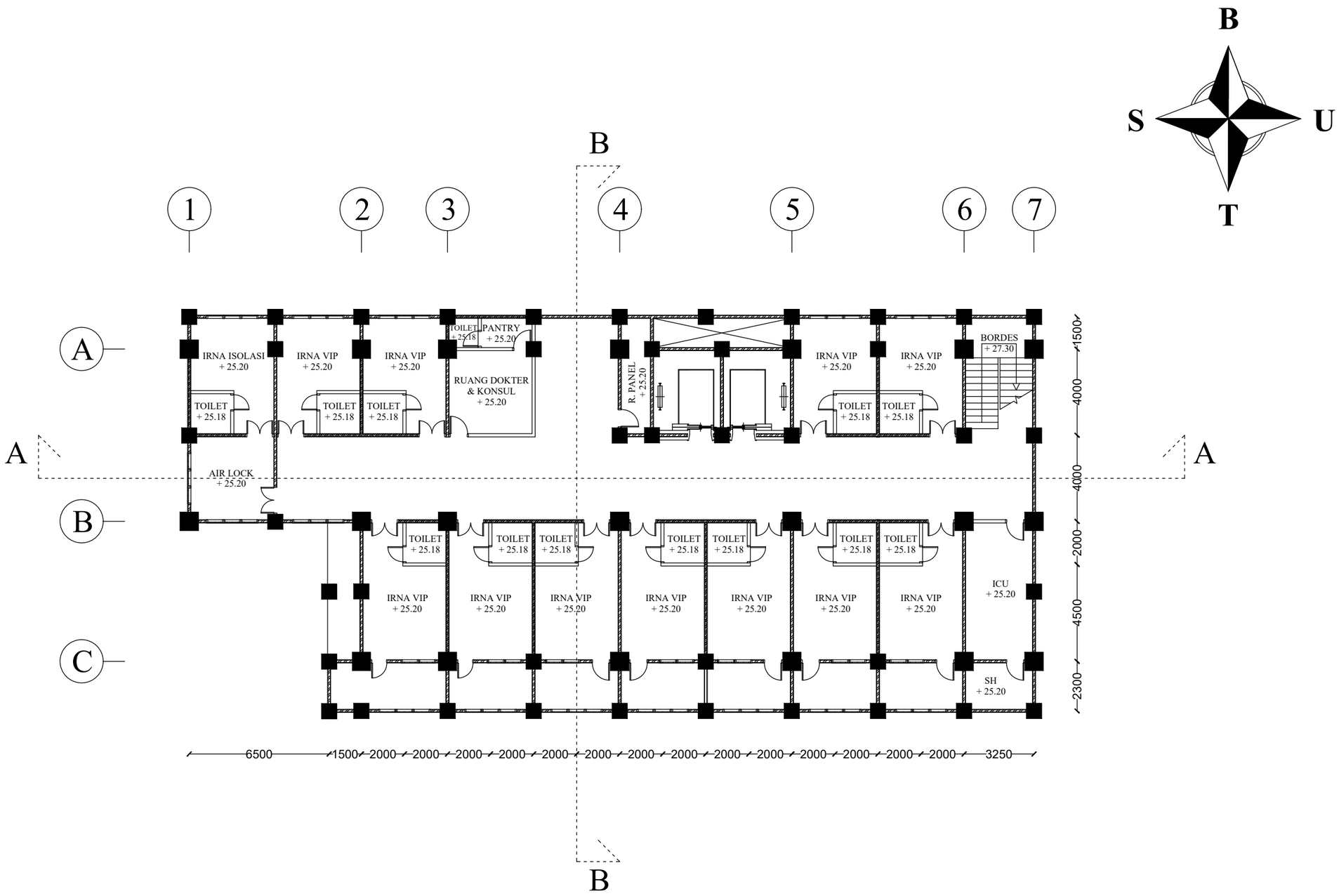
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
7	62



DENAH LANTAI 7

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

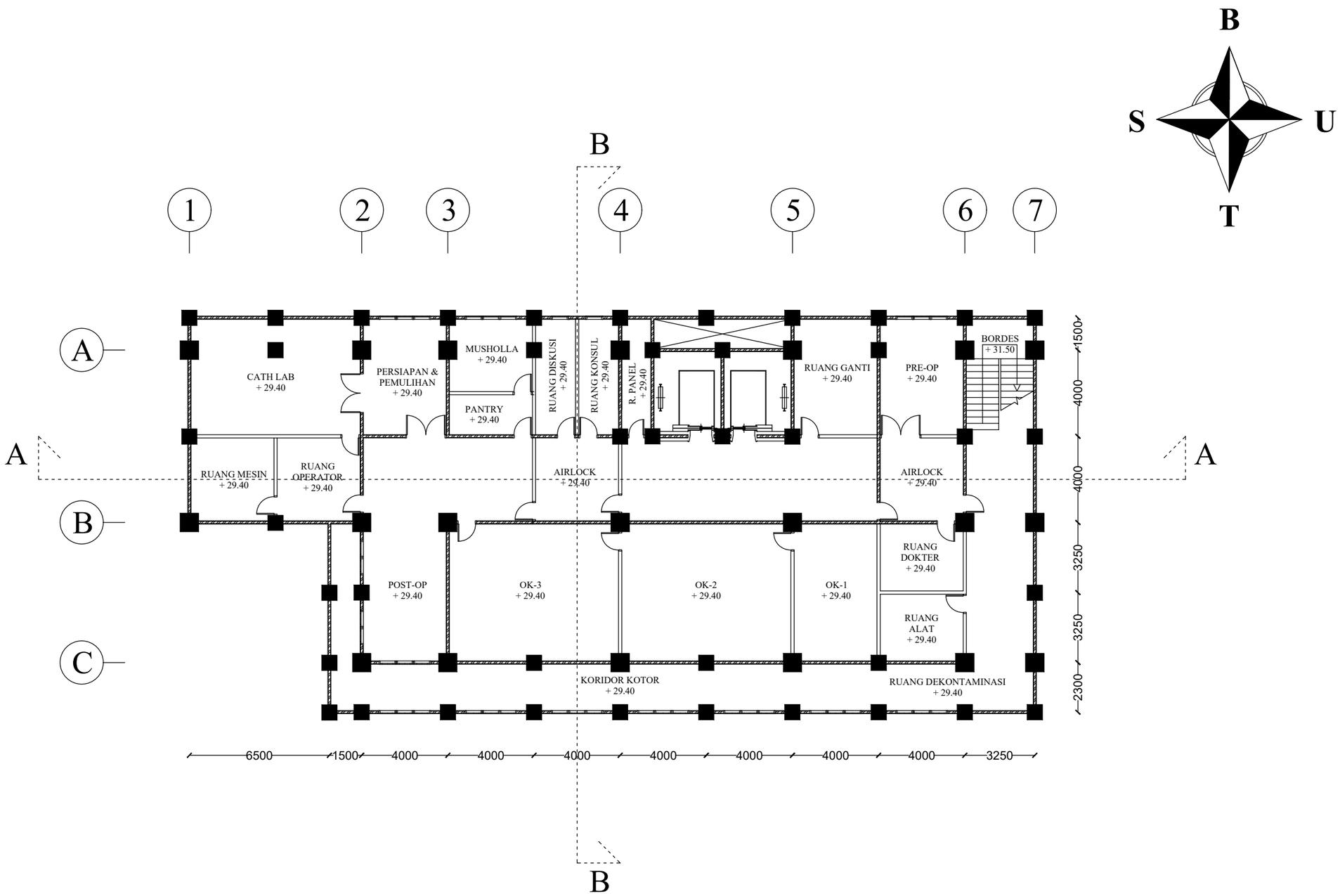
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
8	62



DENAH LANTAI 8

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

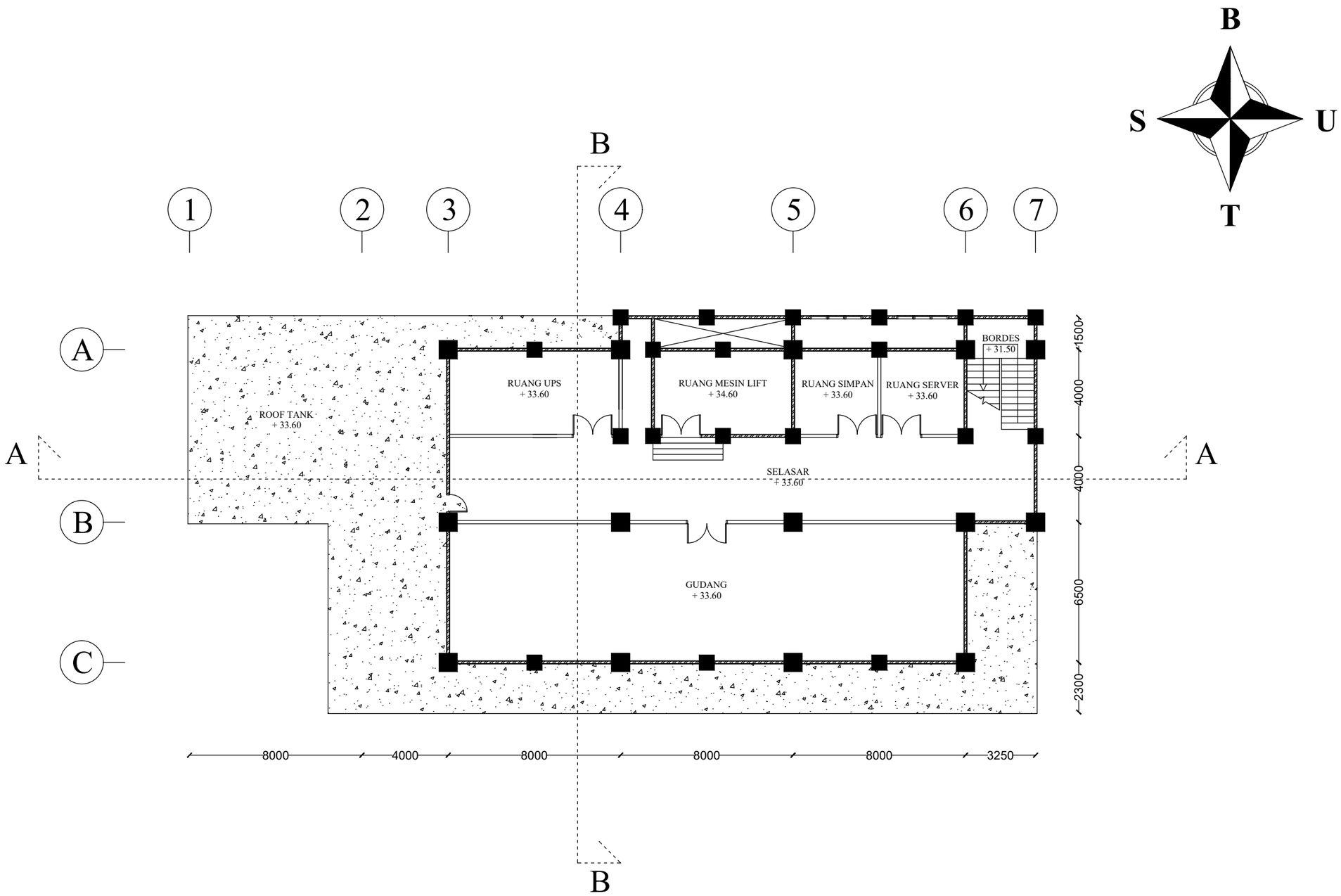
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
9	62



DENAH LANTAI ATTIC

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

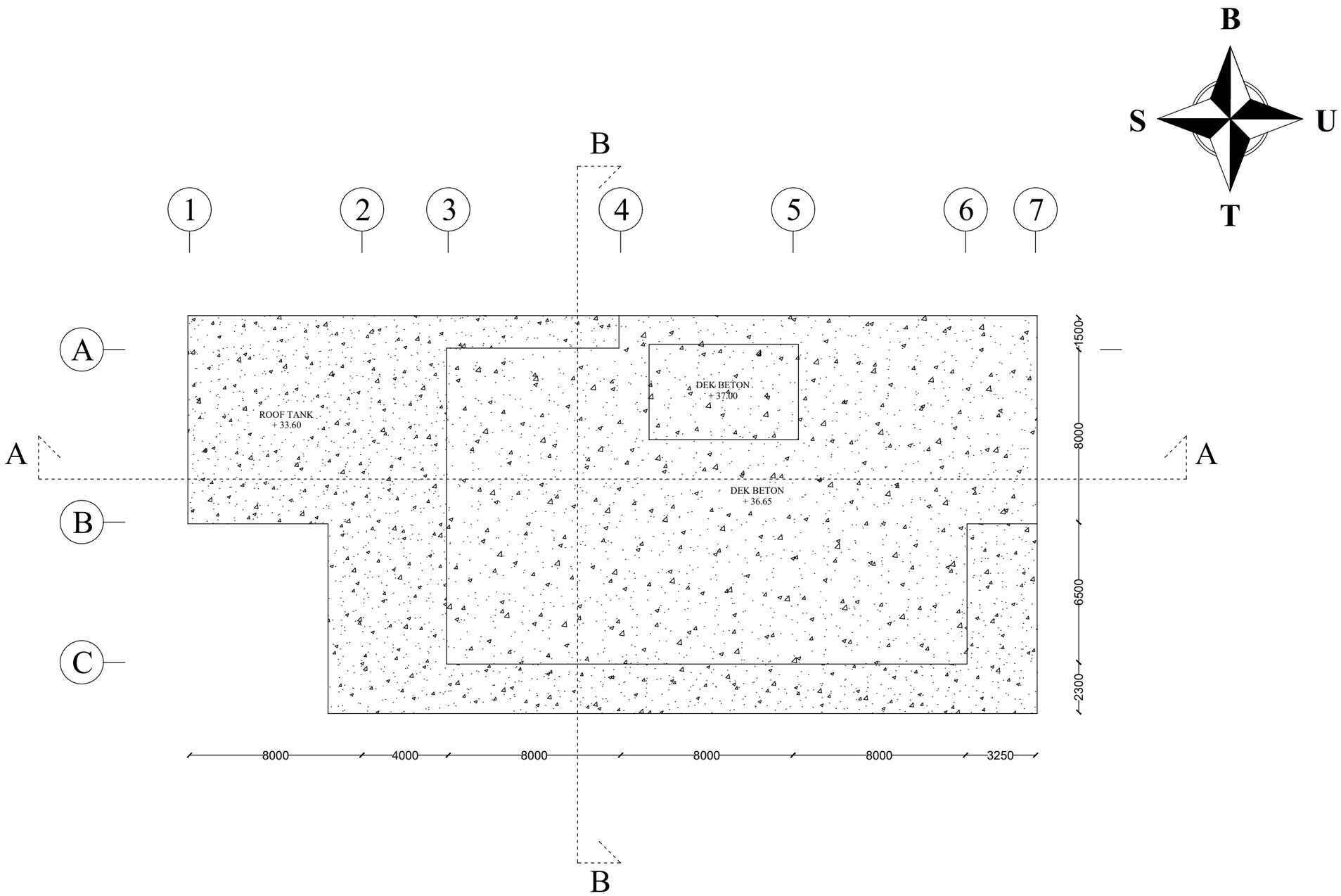
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
10	62



DENAH LANTAI ATAP

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

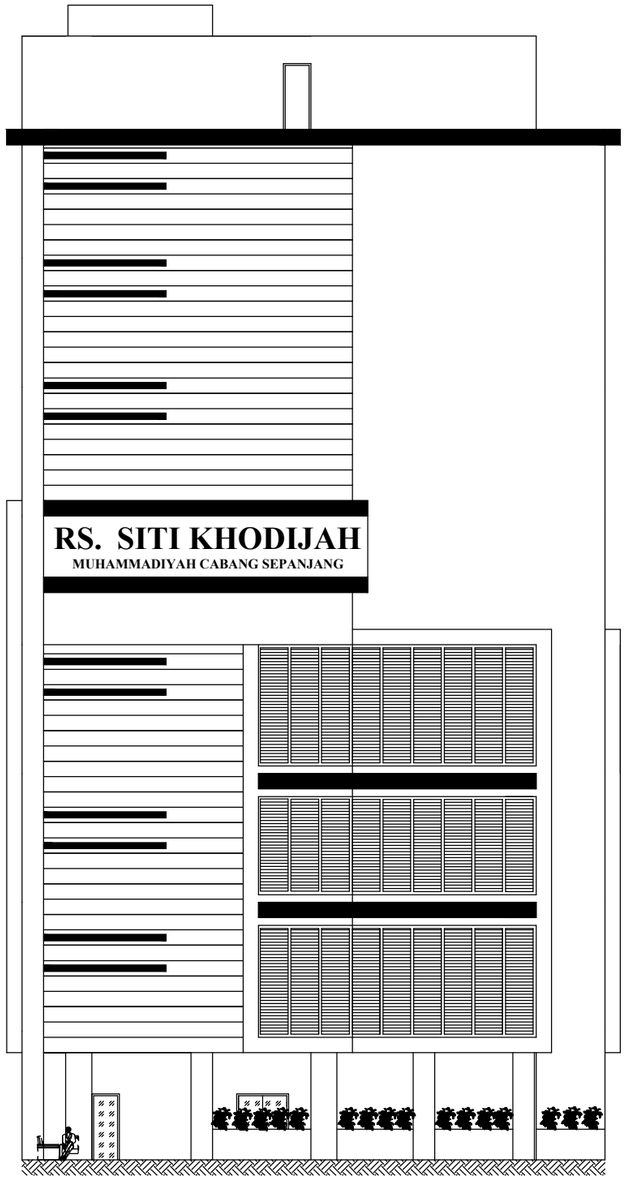
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

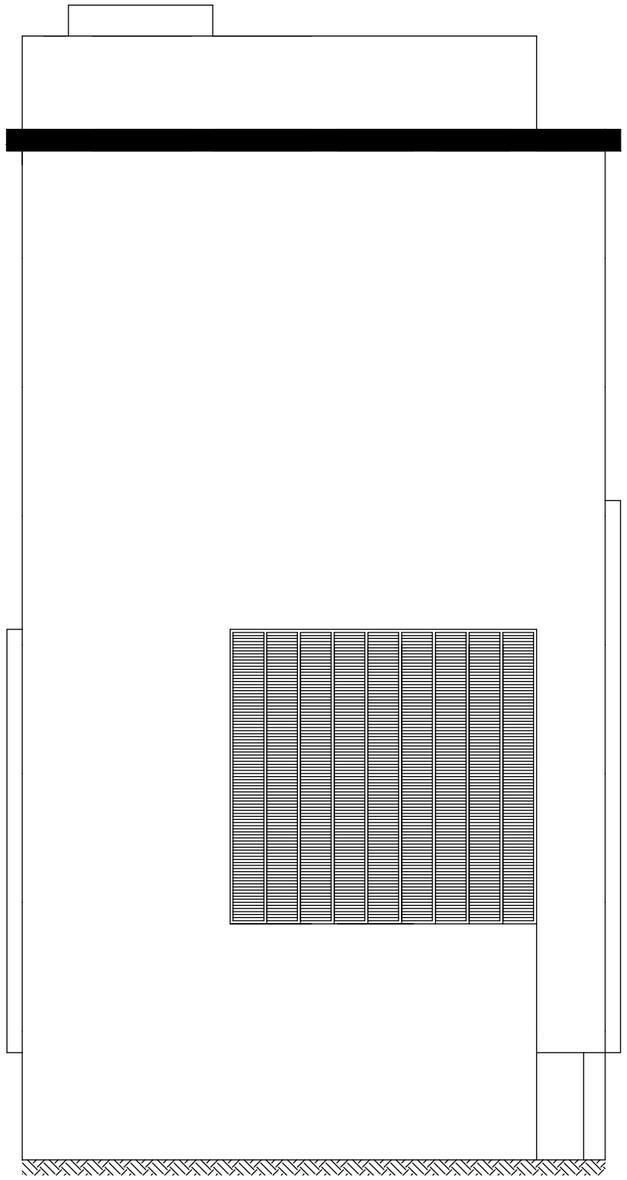
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
11	62



TAMPAK SELATAN

SKALA 1:200



TAMPAK UTARA

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

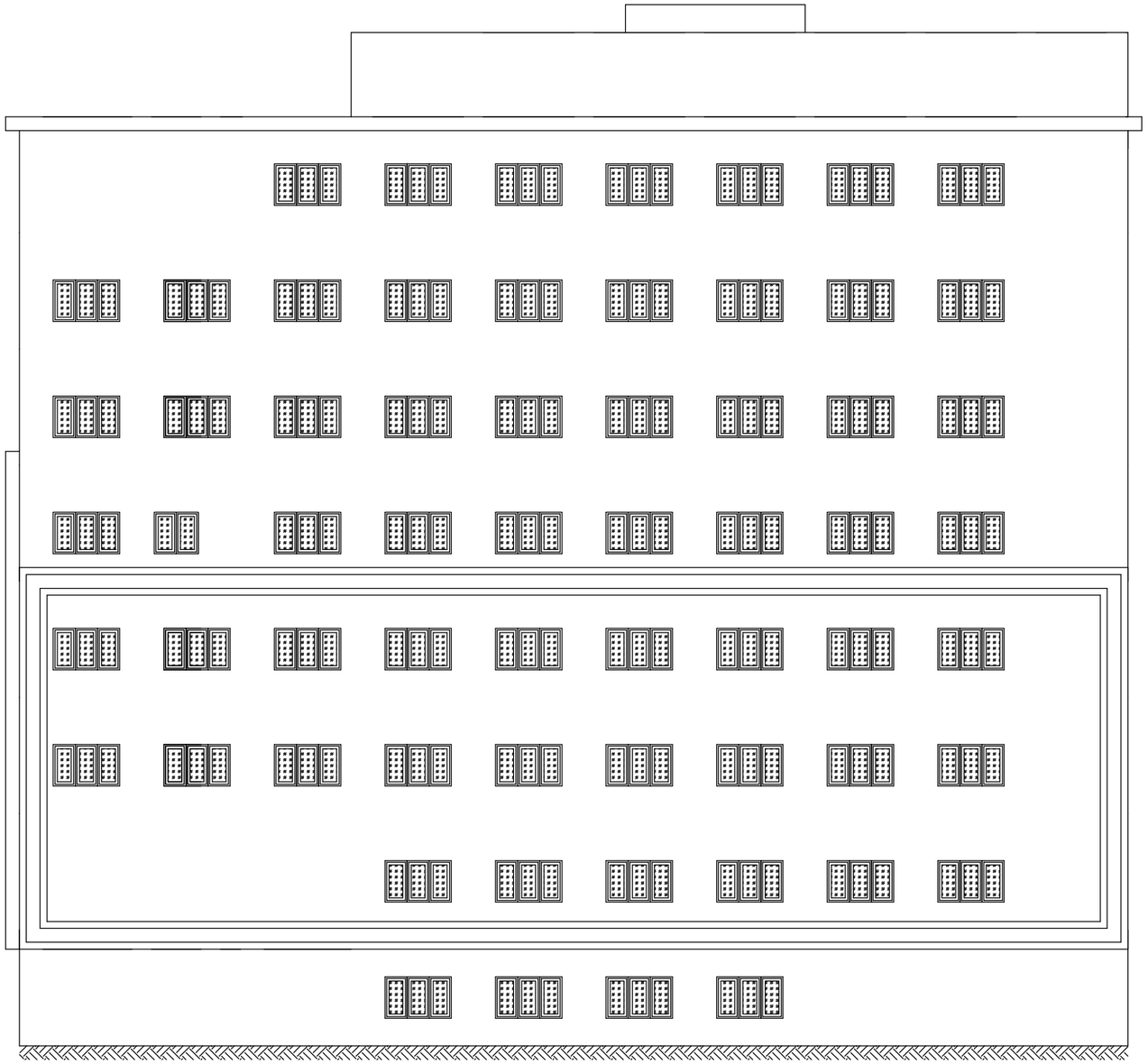
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
12	62



TAMPAK TIMUR

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

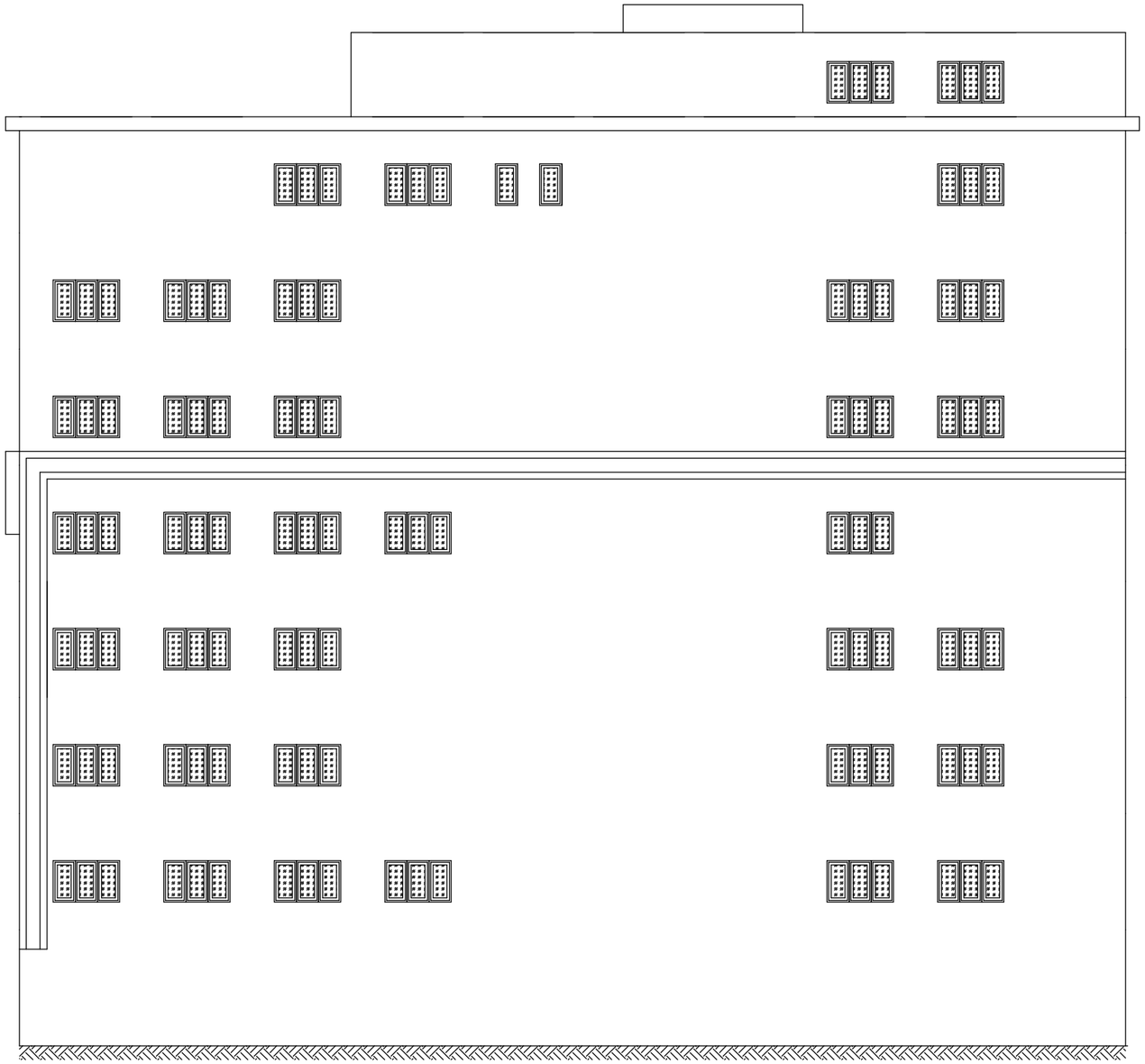
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
13	62



TAMPAK BARAT

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

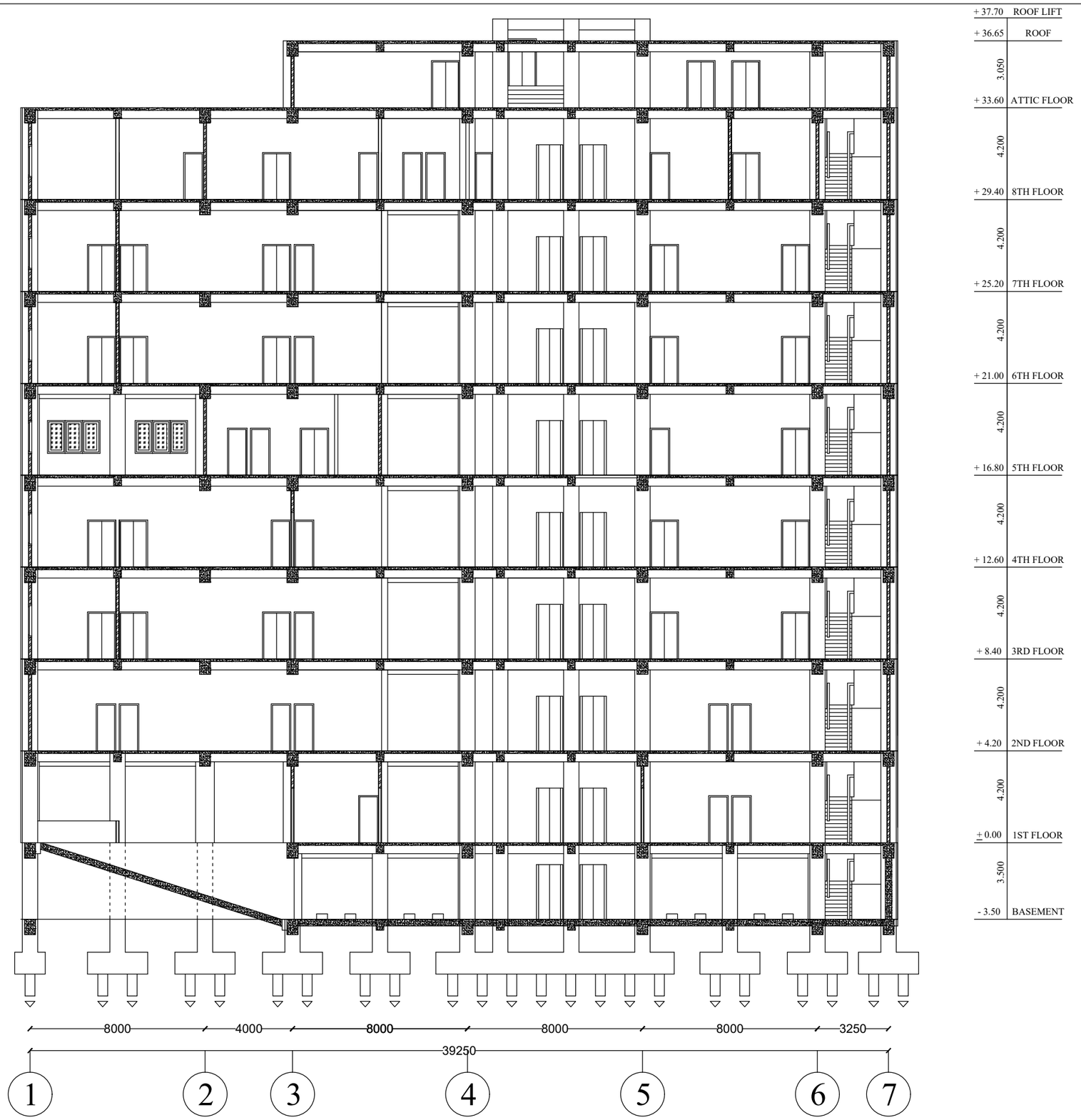
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
14	62



POTONGAN A-A

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

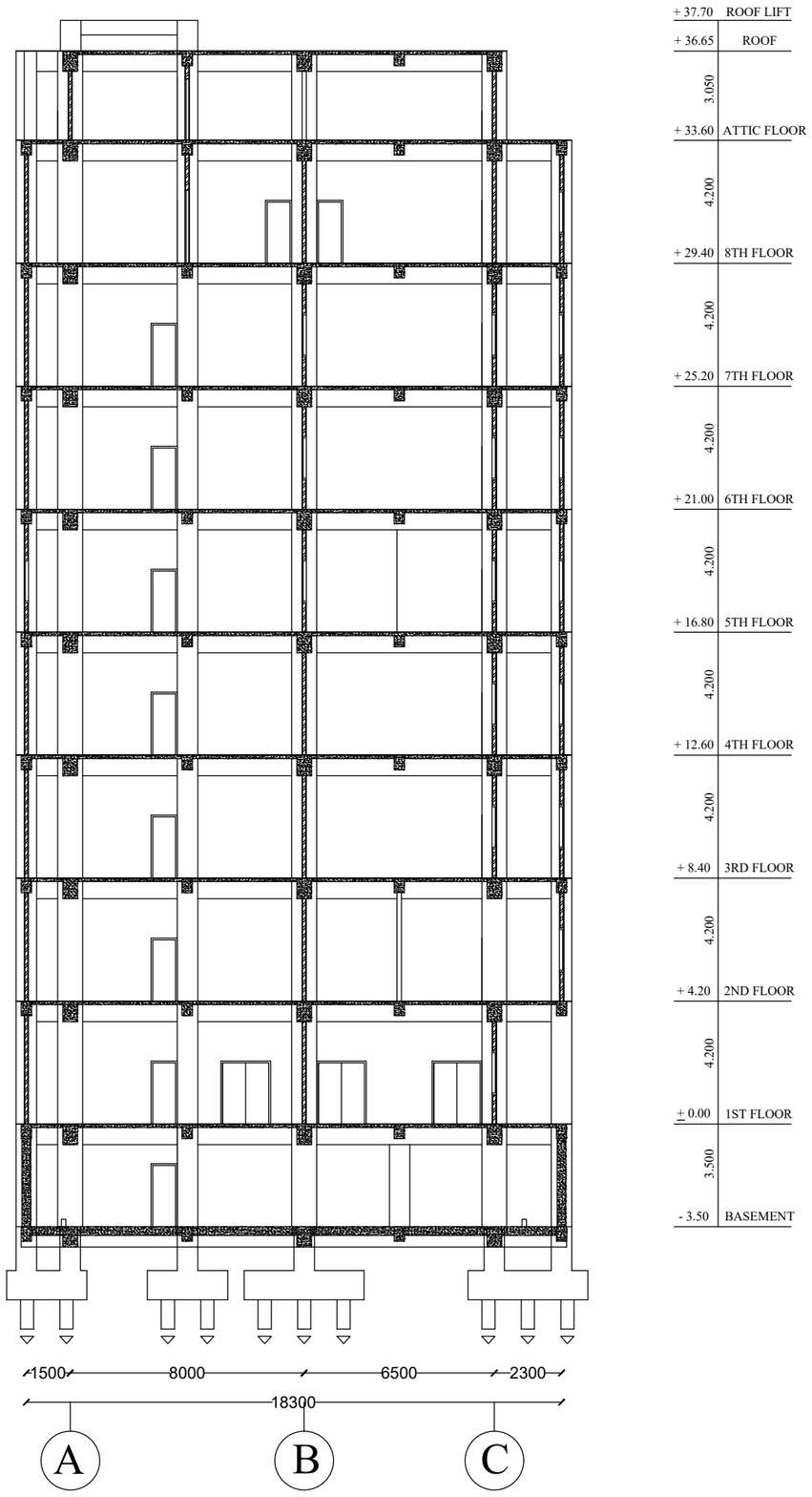
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
15	62



POTONGAN B-B

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

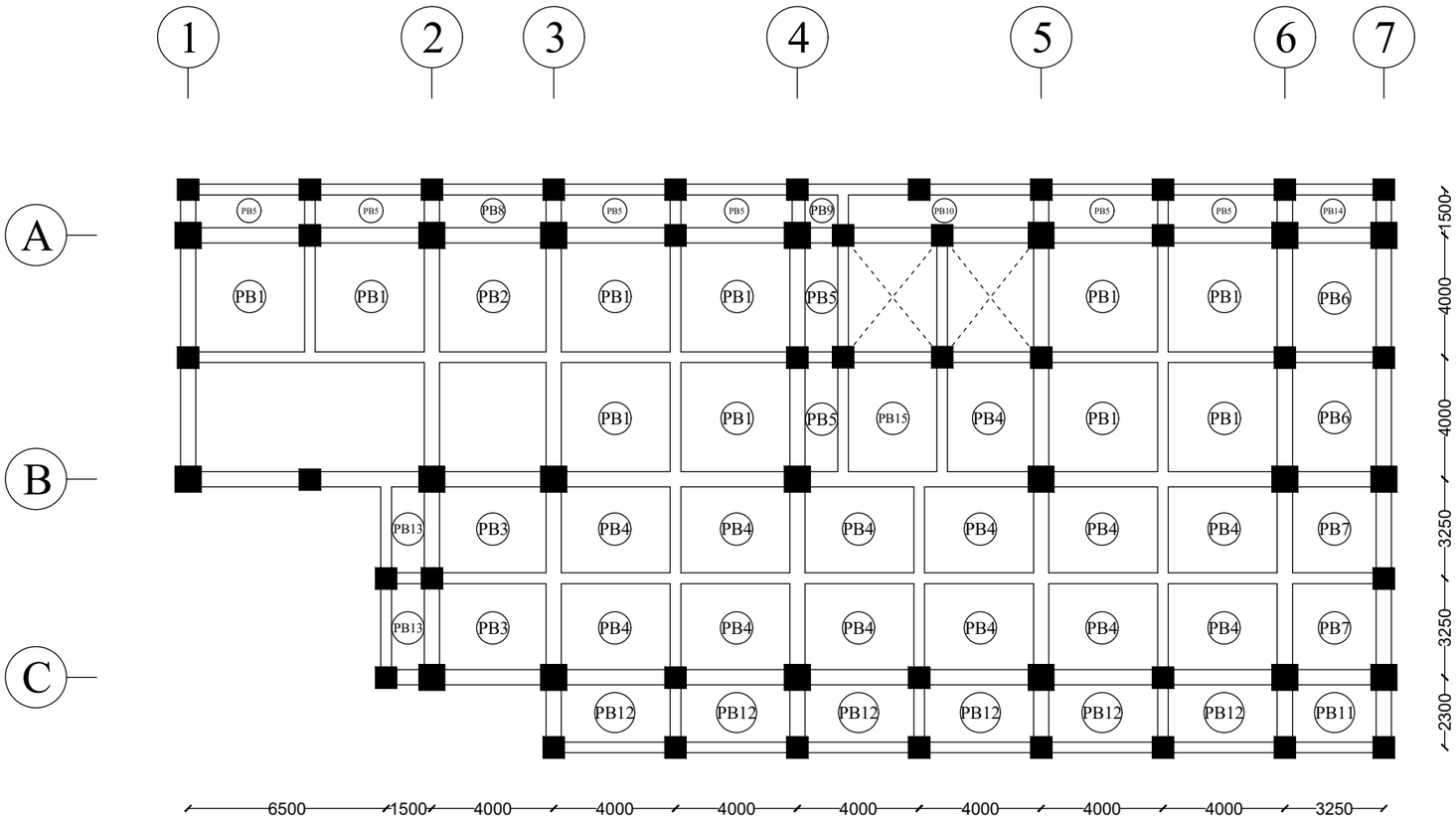
MAHASISWA

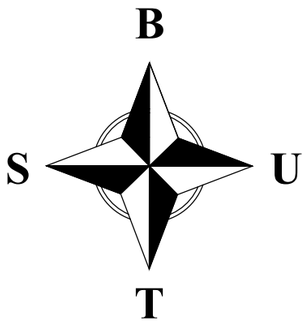
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
16	62





DENAH PELAT LANTAI BASEMENT

SKALA 1:200

NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
1	PB1	300
2	PB2	300
3	PB3	300
4	PB4	300
5	PB5	300
6	PB6	300
7	PB7	300
8	PB8	300
9	PB9	300
10	PB10	300
11	PB11	300
12	PB12	300
13	PB13	300
14	PB14	300
15	PB15	300

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

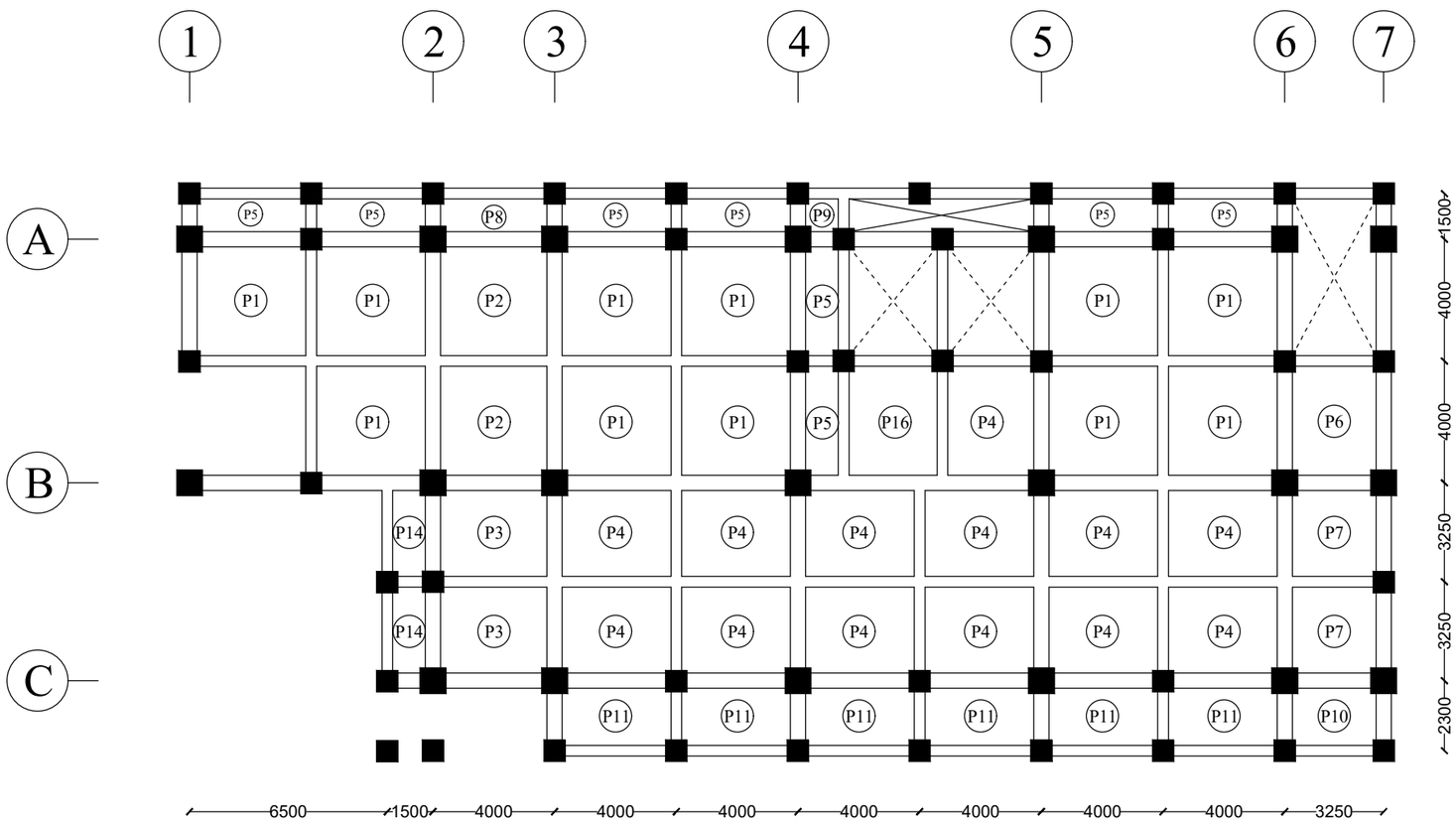
MAHASISWA

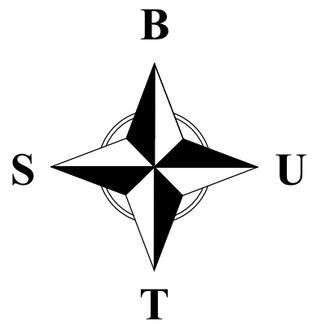
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
17	62





DENAH PELAT LANTAI 1

SKALA 1:200

NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
1	P1	120
2	P2	120
3	P3	120
4	P4	120
5	P5	120
6	P6	120
7	P7	120
8	P8	120
9	P9	120
10	P10	120
11	P11	120
12	P14	120
13	P16	120

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

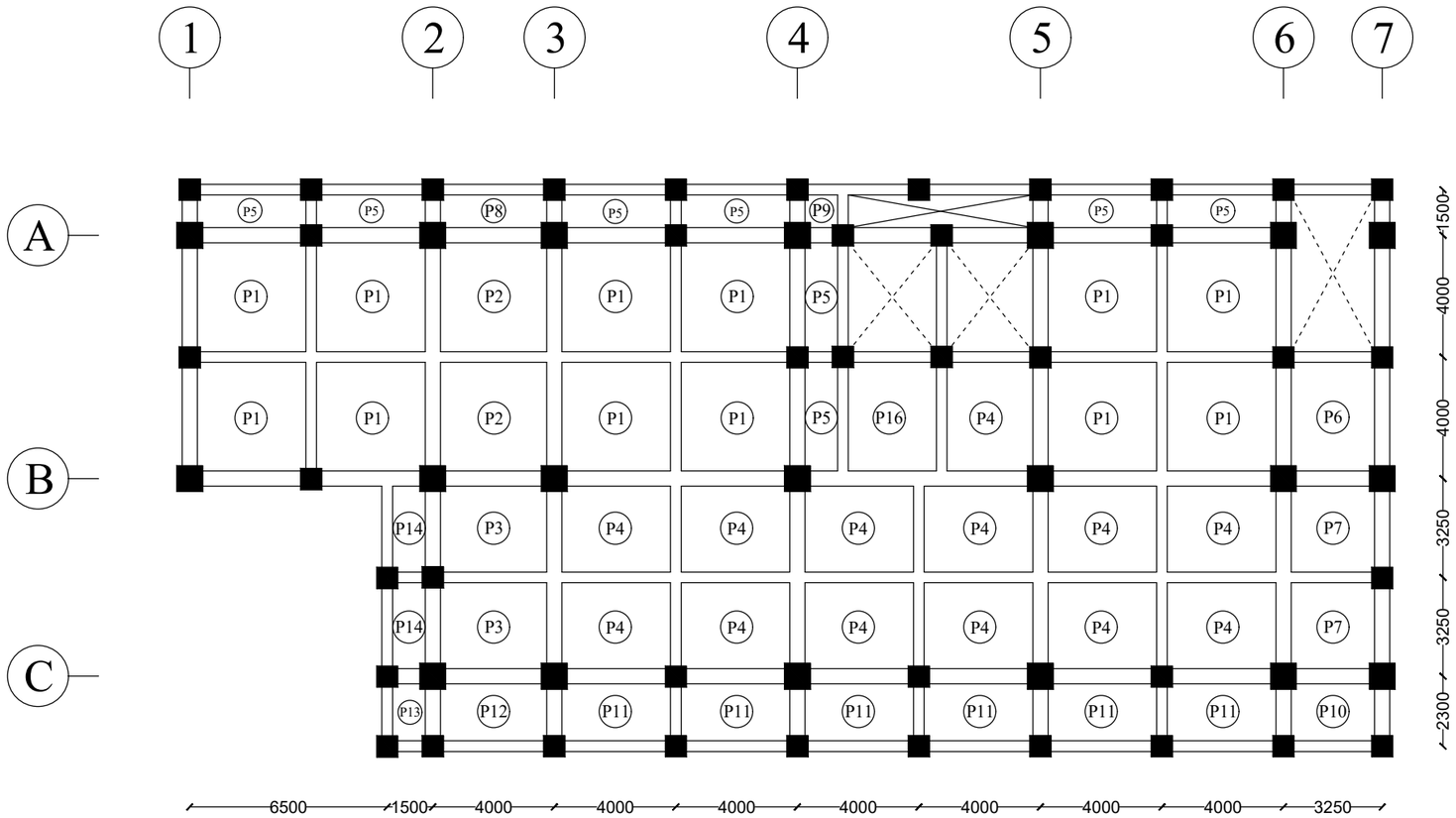
MAHASISWA

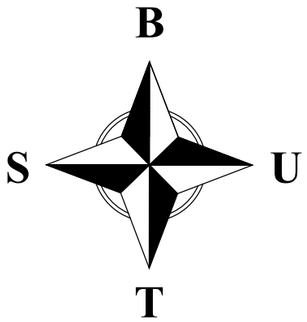
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
18	62





DENAH PELAT LANTAI 2-8

SKALA 1:200

NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
1	P1	120
2	P2	120
3	P3	120
4	P4	120
5	P5	120
6	P6	120
7	P7	120
8	P8	120
9	P9	120
10	P10	120
11	P11	120
12	P12	120
13	P13	120
14	P14	120
15	P16	120

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

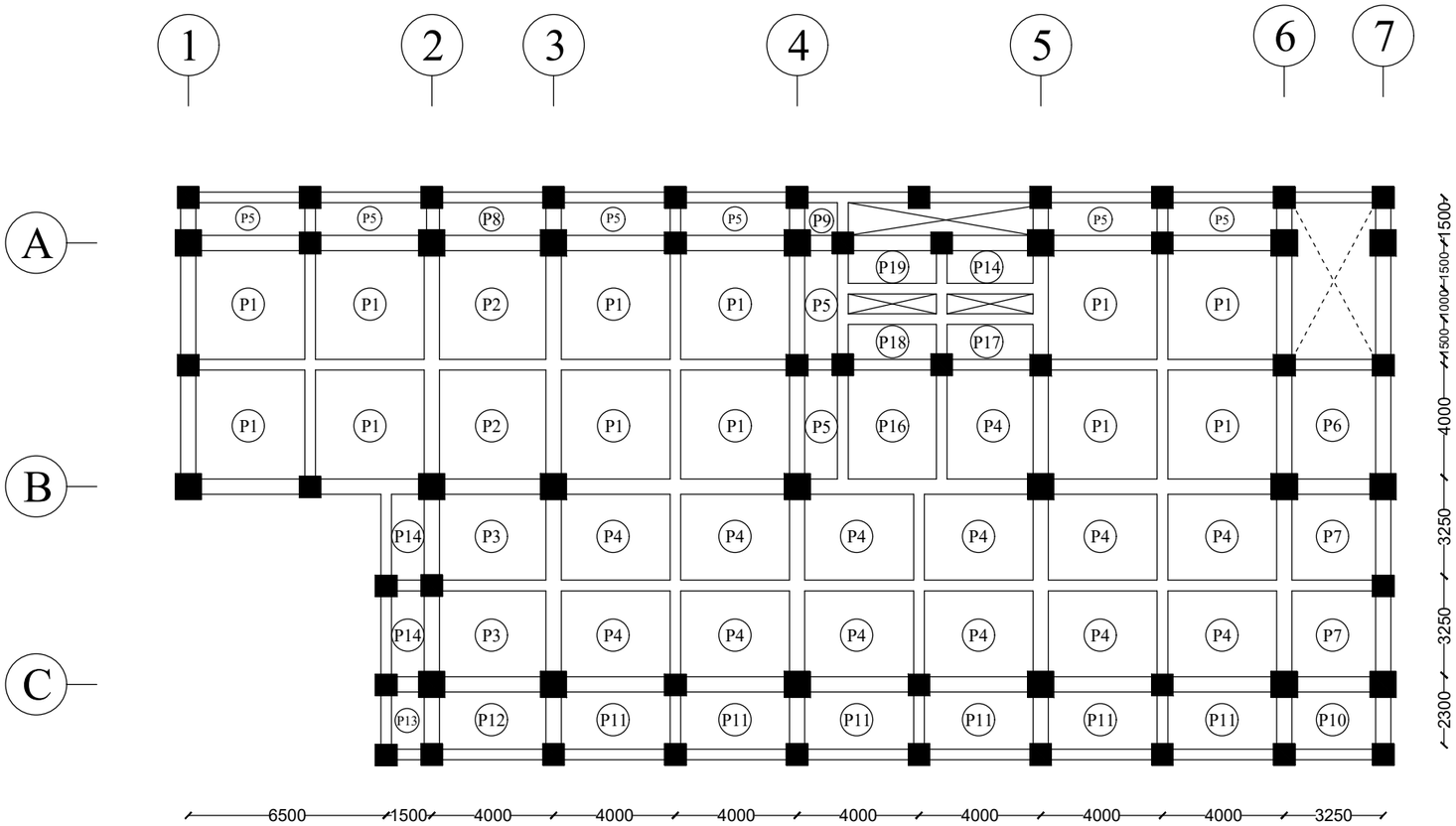
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
19	62



DENAH PELAT LANTAI ATTIC

SKALA 1:200

NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
1	P1	120
2	P2	120
3	P3	120
4	P4	120
5	P5	120
6	P6	120
7	P7	120
8	P8	120
9	P9	120

NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
10	P10	120
11	P11	120
12	P12	120
13	P13	120
14	P14	120
16	P16	120
17	P17	120
18	P18	120
19	P19	120

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

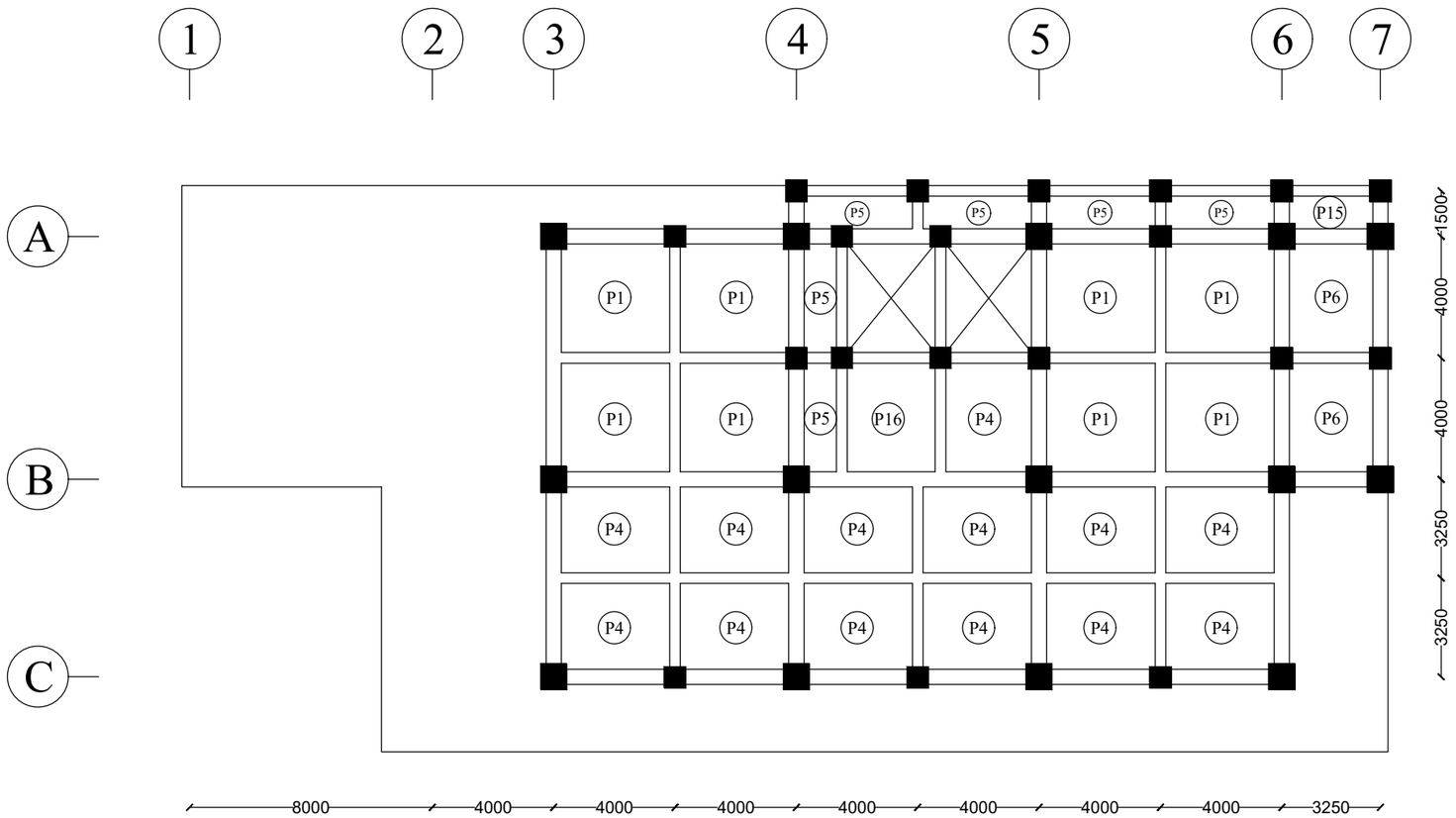
MAHASISWA

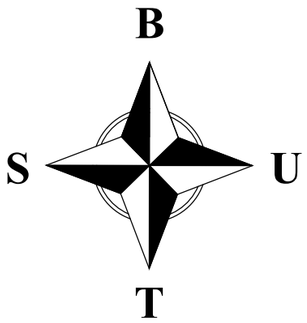
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
20	62





DENAH PELAT LANTAI ATAP

SKALA 1:200

NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
1	P1	120
2	P4	120
3	P5	120
4	P6	120
5	P15	120

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

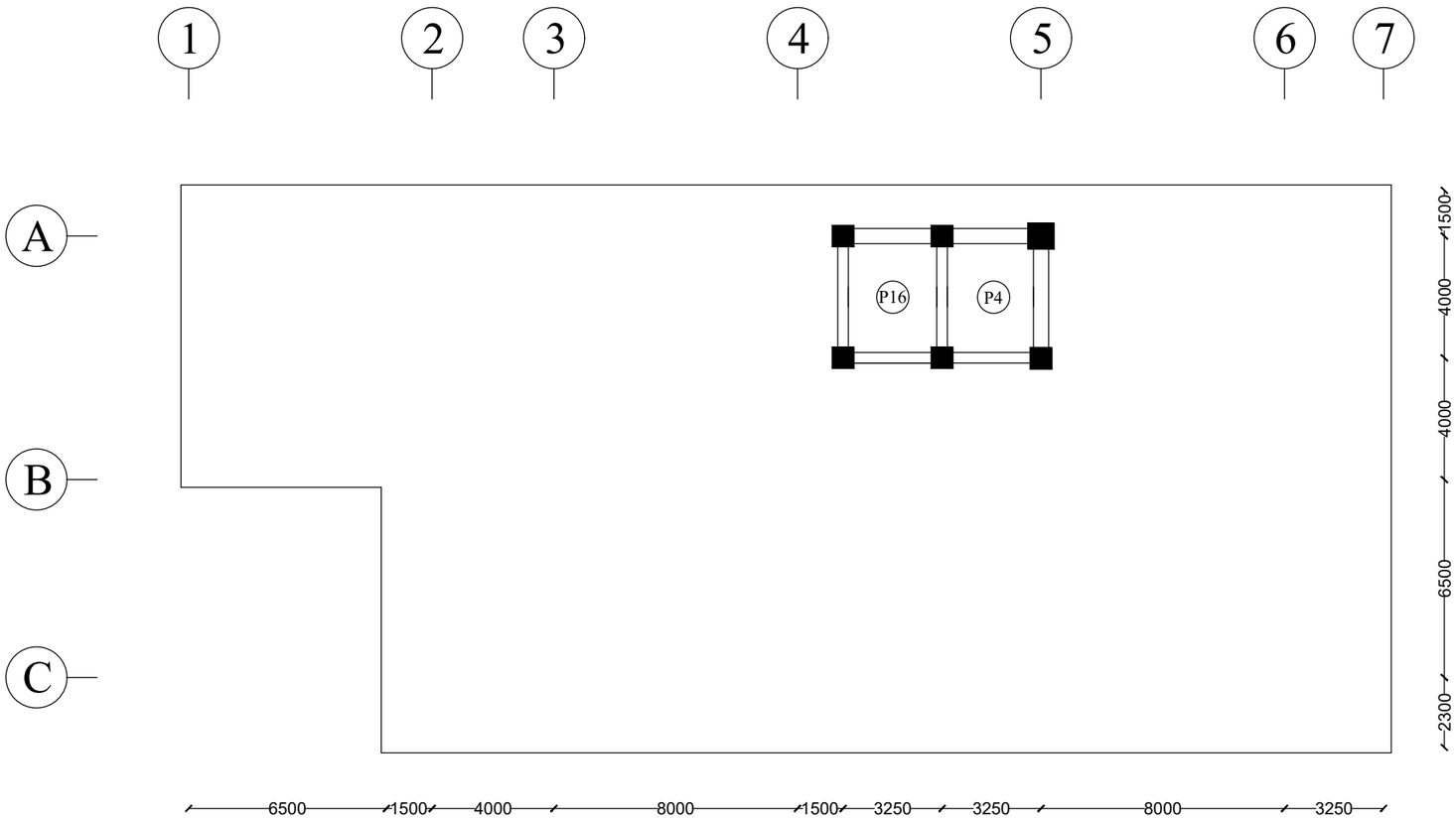
MAHASISWA

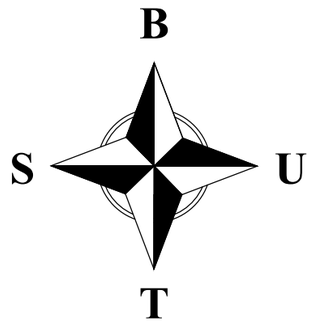
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
21	62





NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
1	P4	120
2	P16	120

DENAH PELAT LANTAI ATTIC LIFT

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

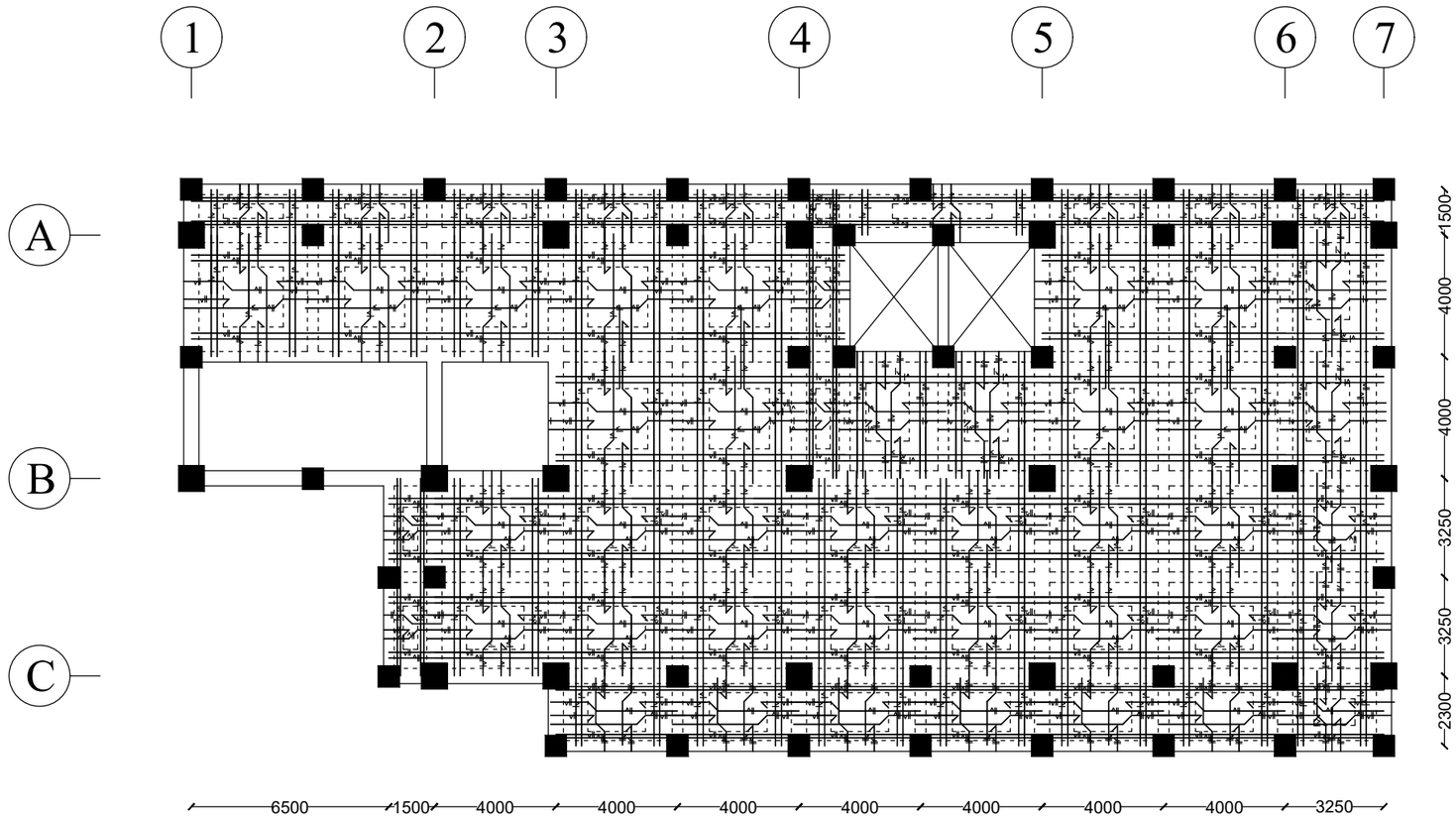
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
22	62



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI BASEMENT

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

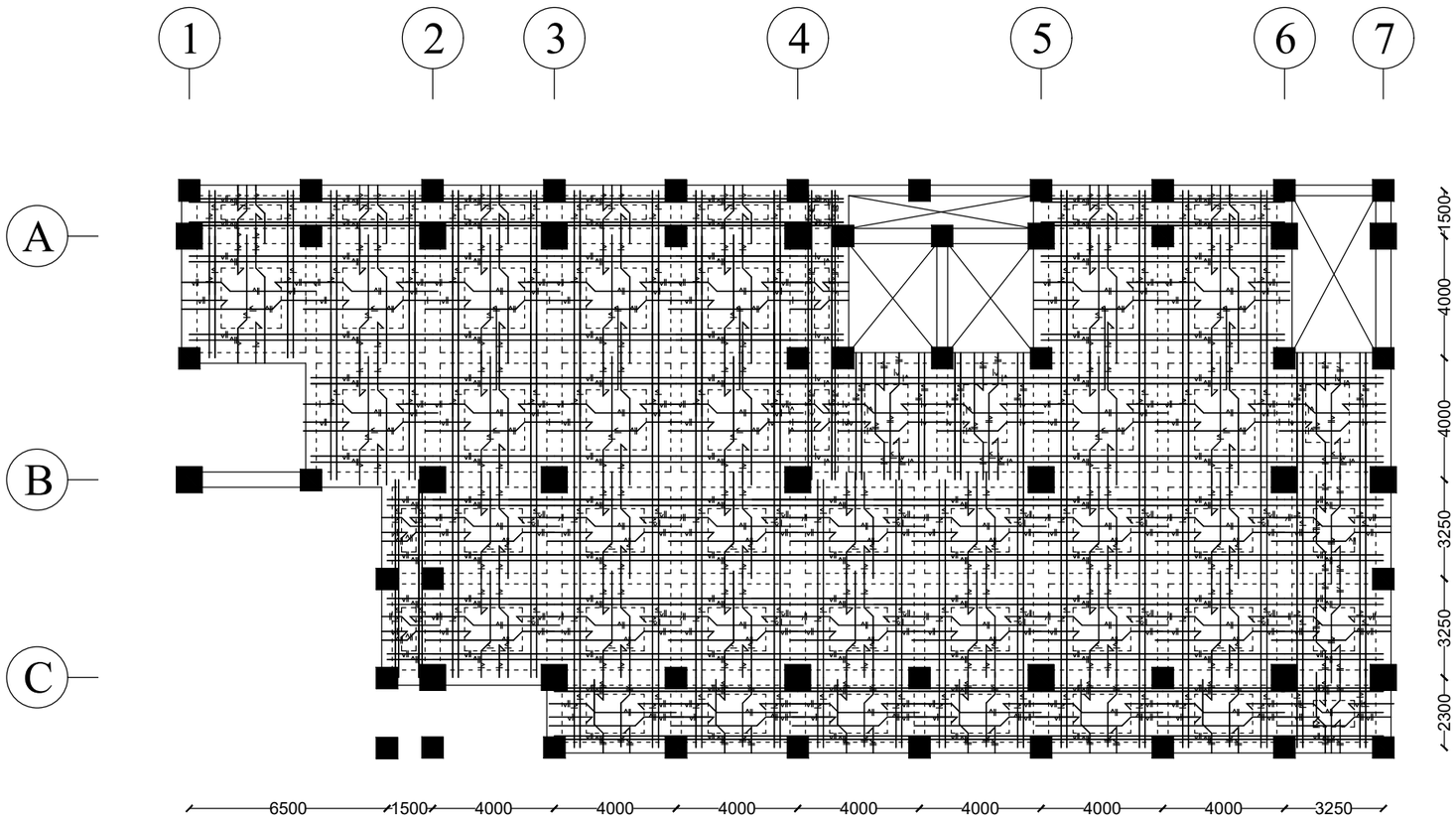
MAHASISWA

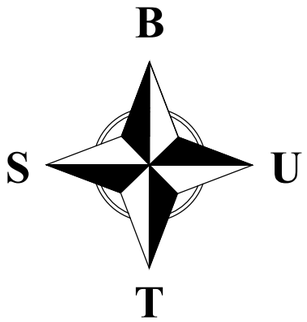
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
23	62





DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

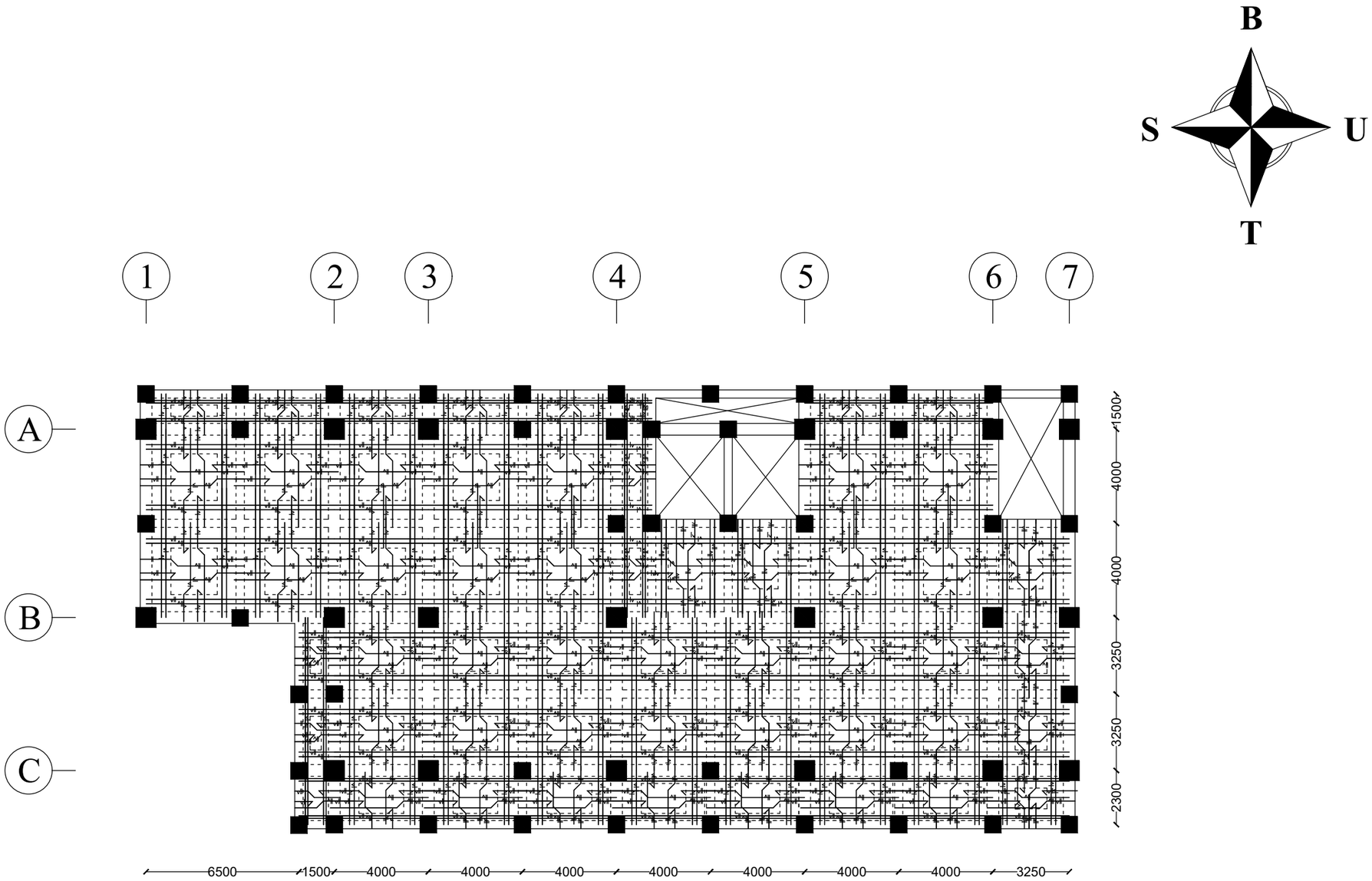
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
24	62



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 2-8

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

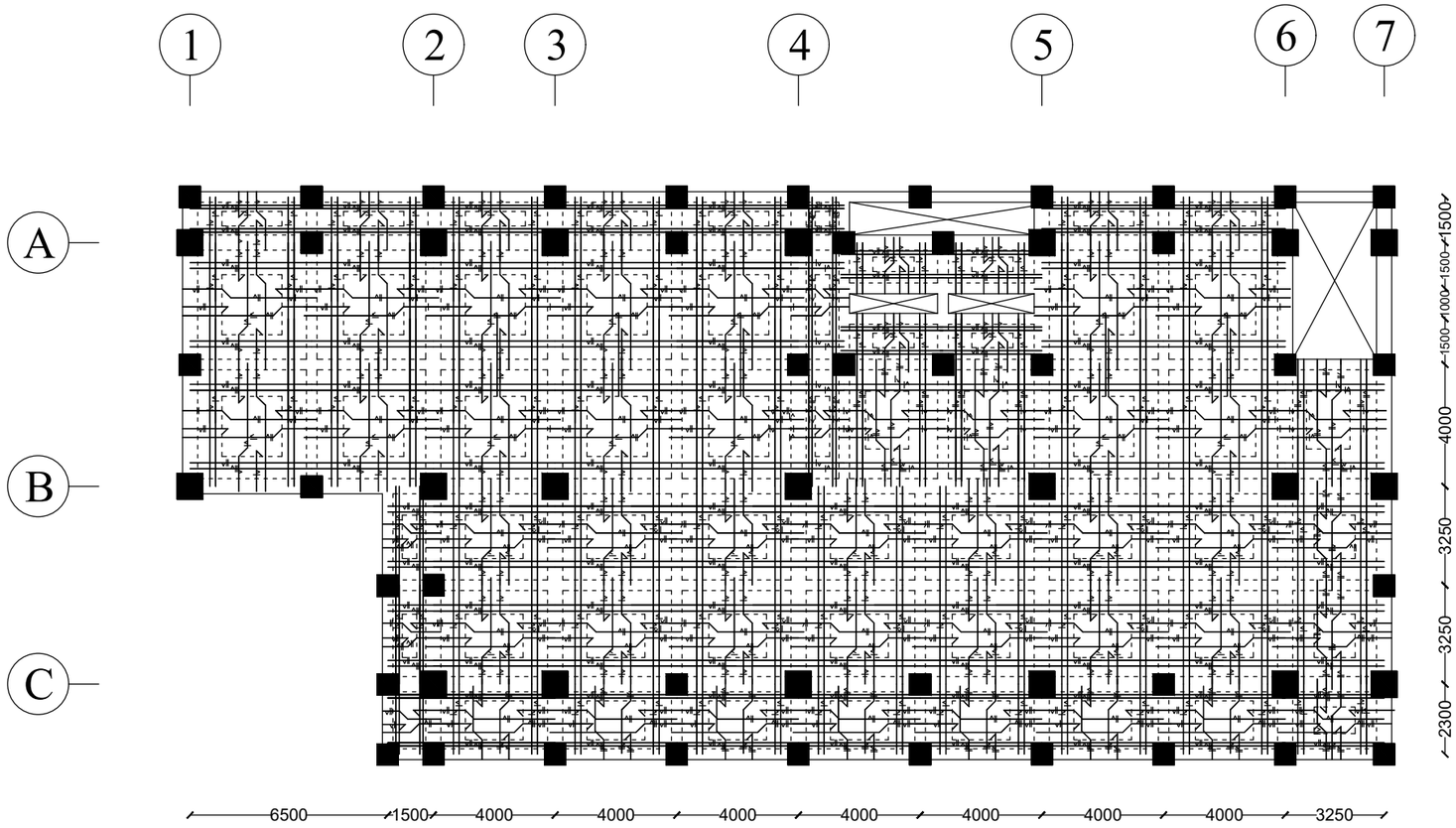
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN	: RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH	: TANAH LUNAK
MUTU BETON	: 35 MPa
MUTU BAJA	: 410 MPa

NO	JUMLAH
25	62



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATTIC

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

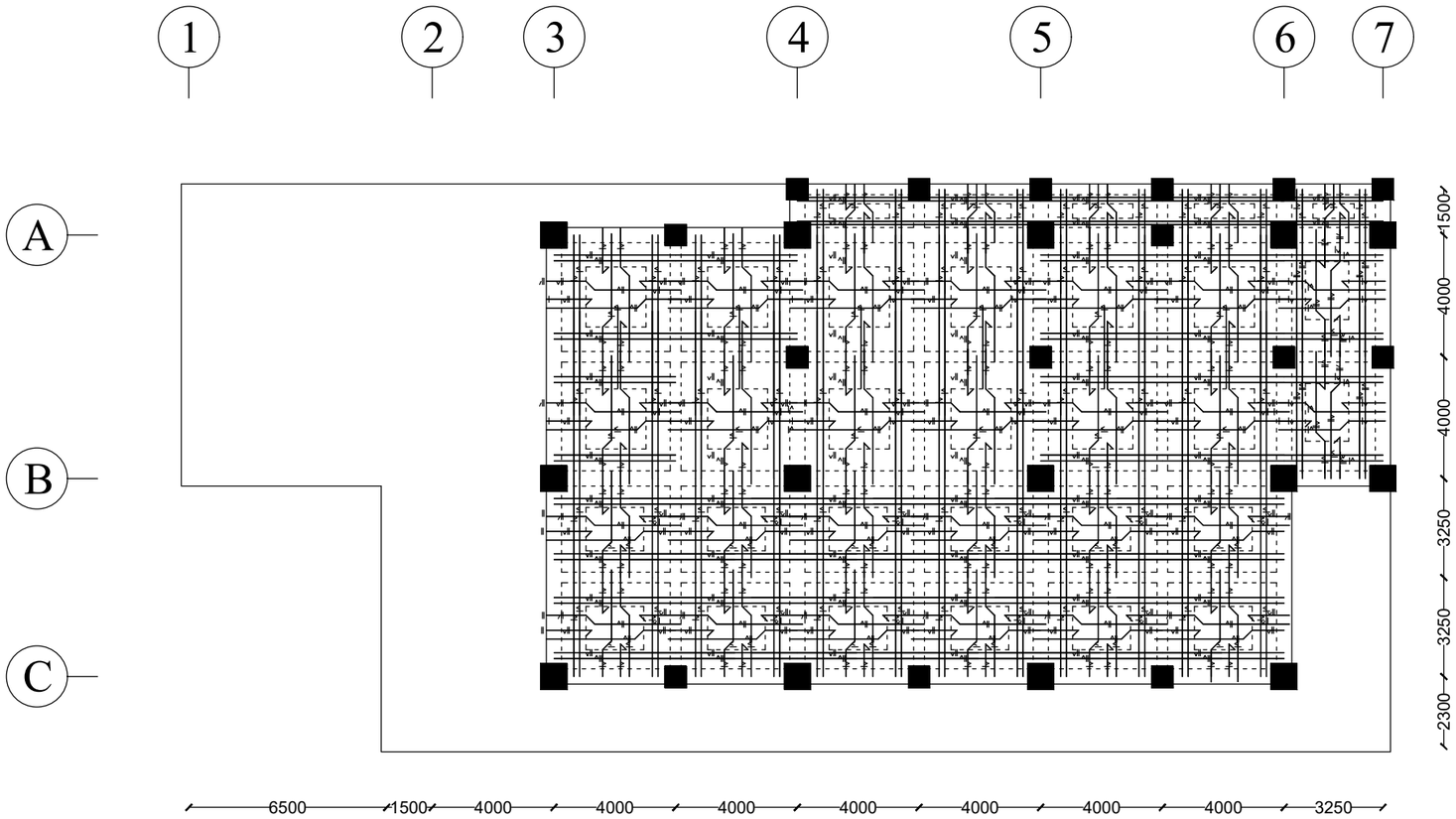
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
26	62



DENAH PENULANGA PELAT LANTAI ATAP

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

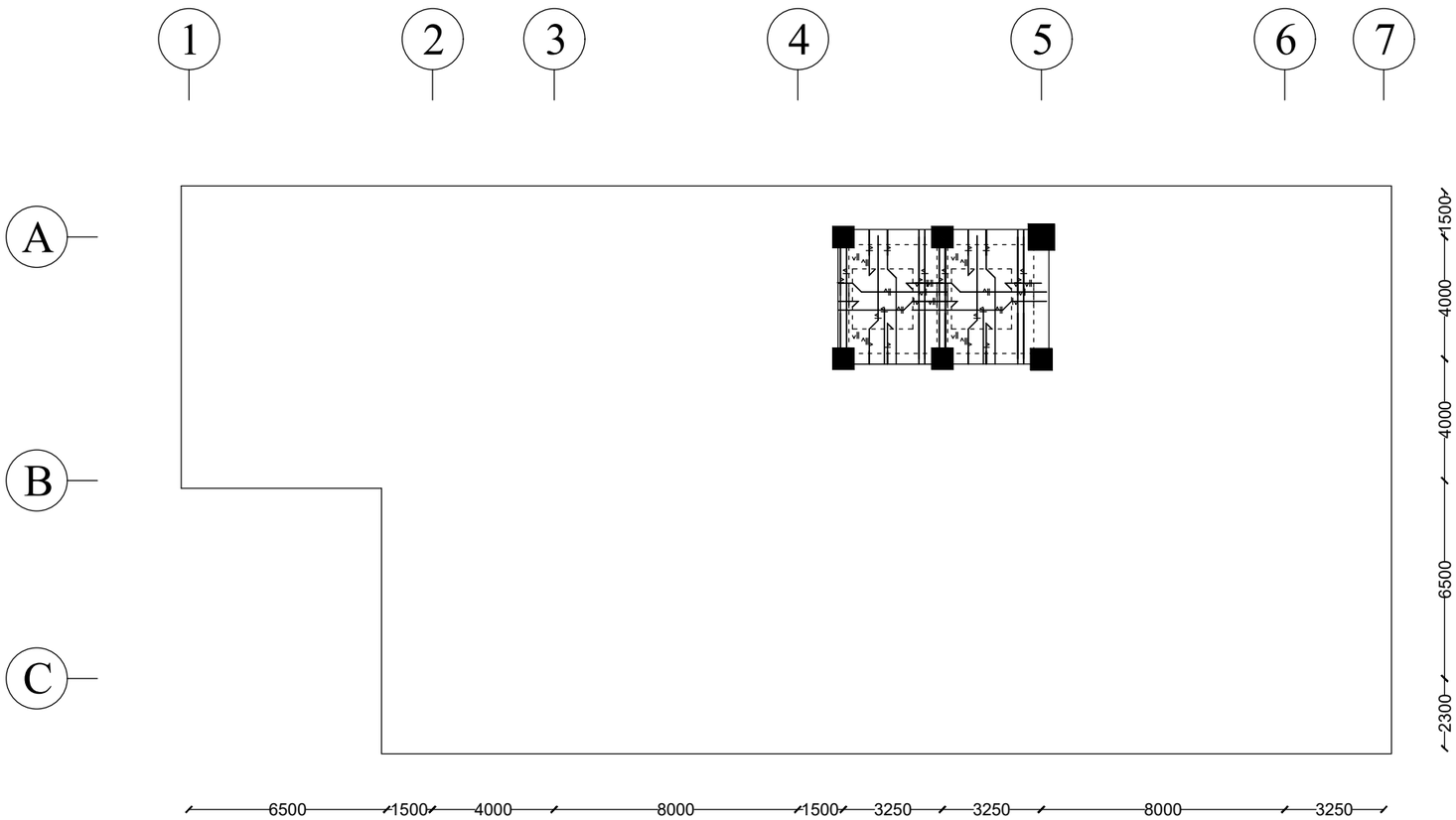
MAHASISWA

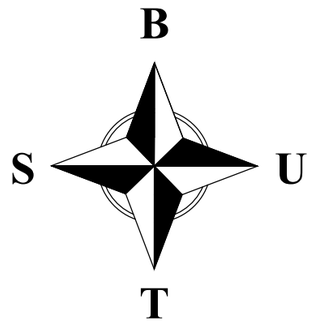
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
27	62





NO	TIPE PELAT	TEBAL PELAT
1	P4	120
2	P16	120

DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATTIC LIFT

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

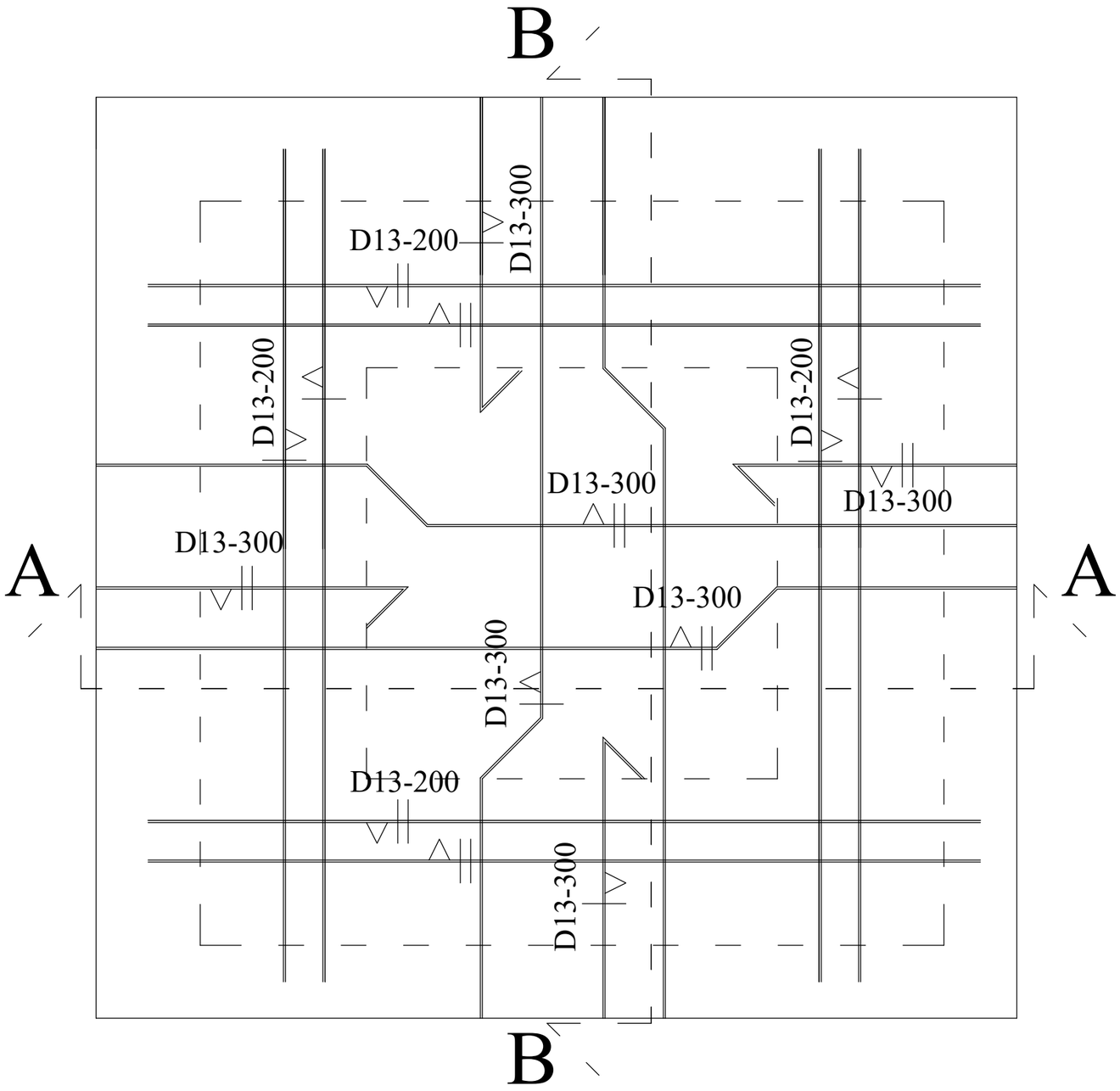
MAHASISWA

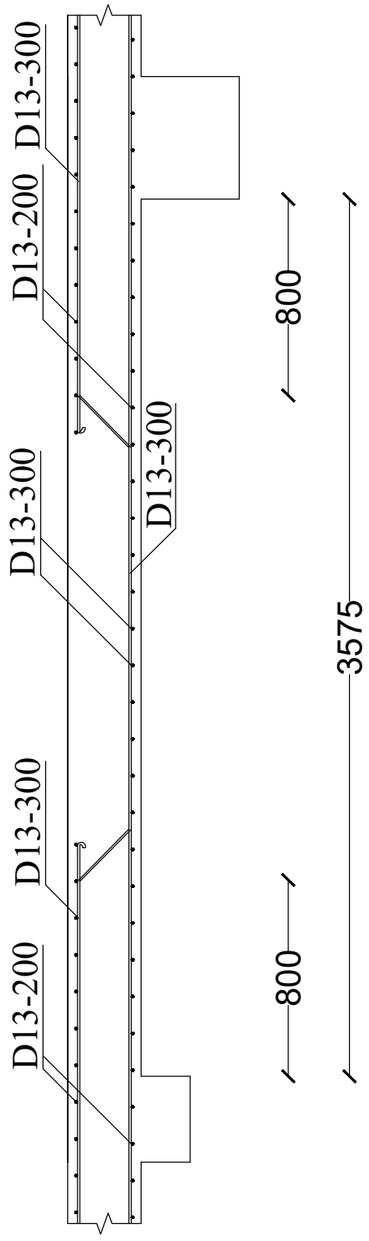
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

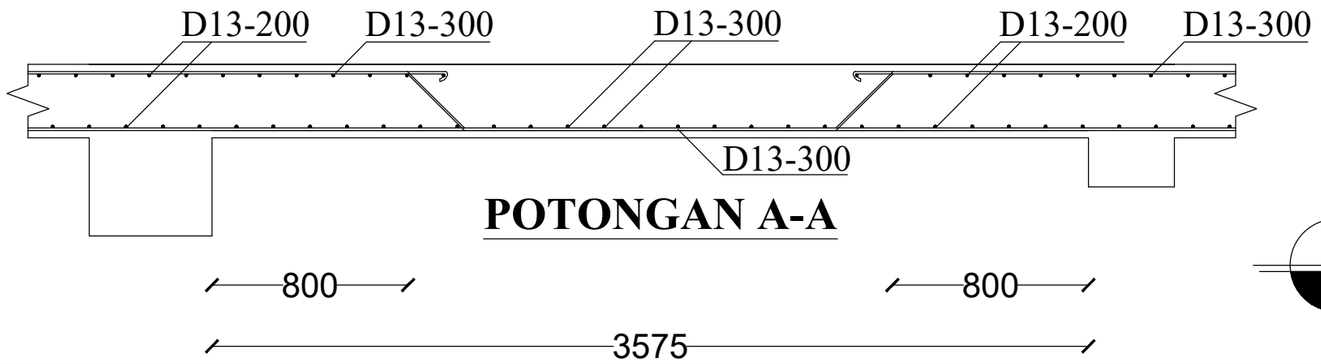
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
28	62





POTONGAN B-B



POTONGAN A-A

NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ln	3.575
2	Sn	3.575

DETAIL PELAT PB1

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

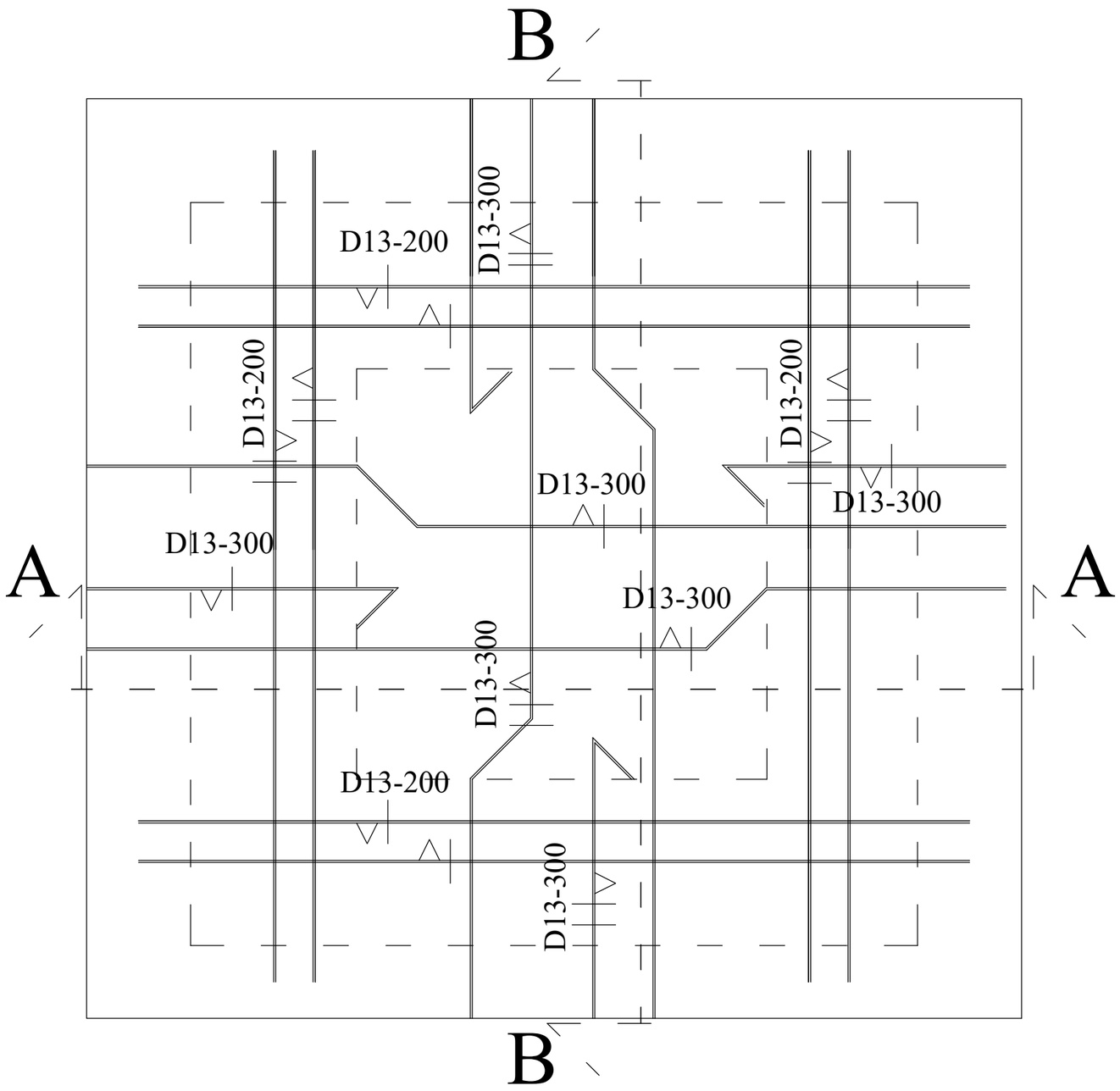
MAHASISWA

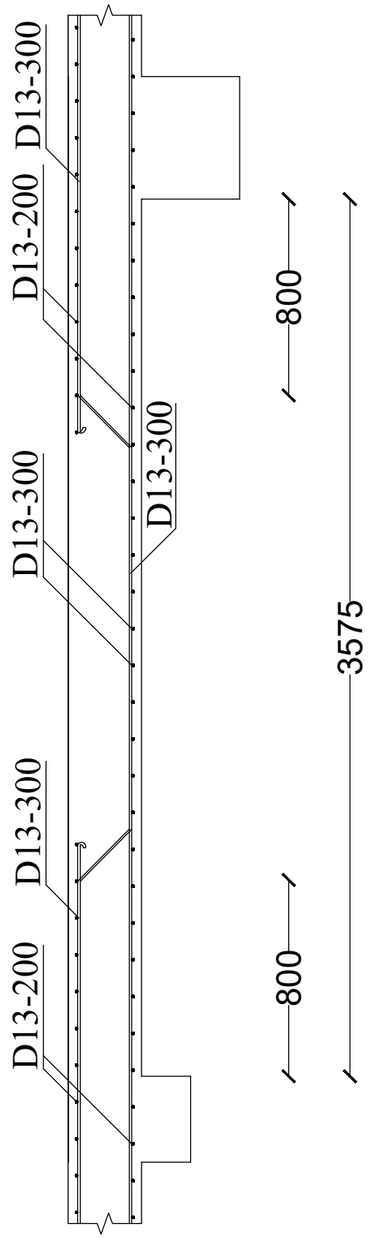
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

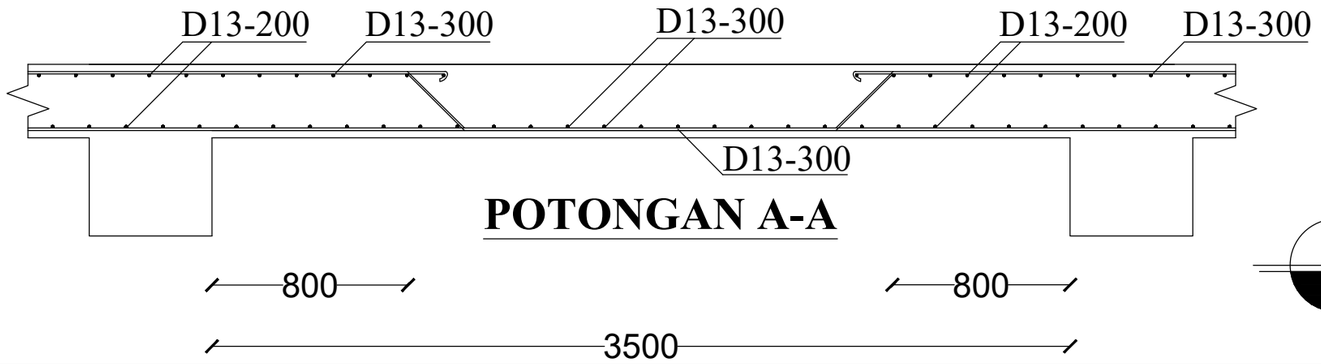
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
29	62





POTONGAN B-B



POTONGAN A-A

NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ln	3.575
2	Sn	3.500

DETAIL PELAT PB2

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

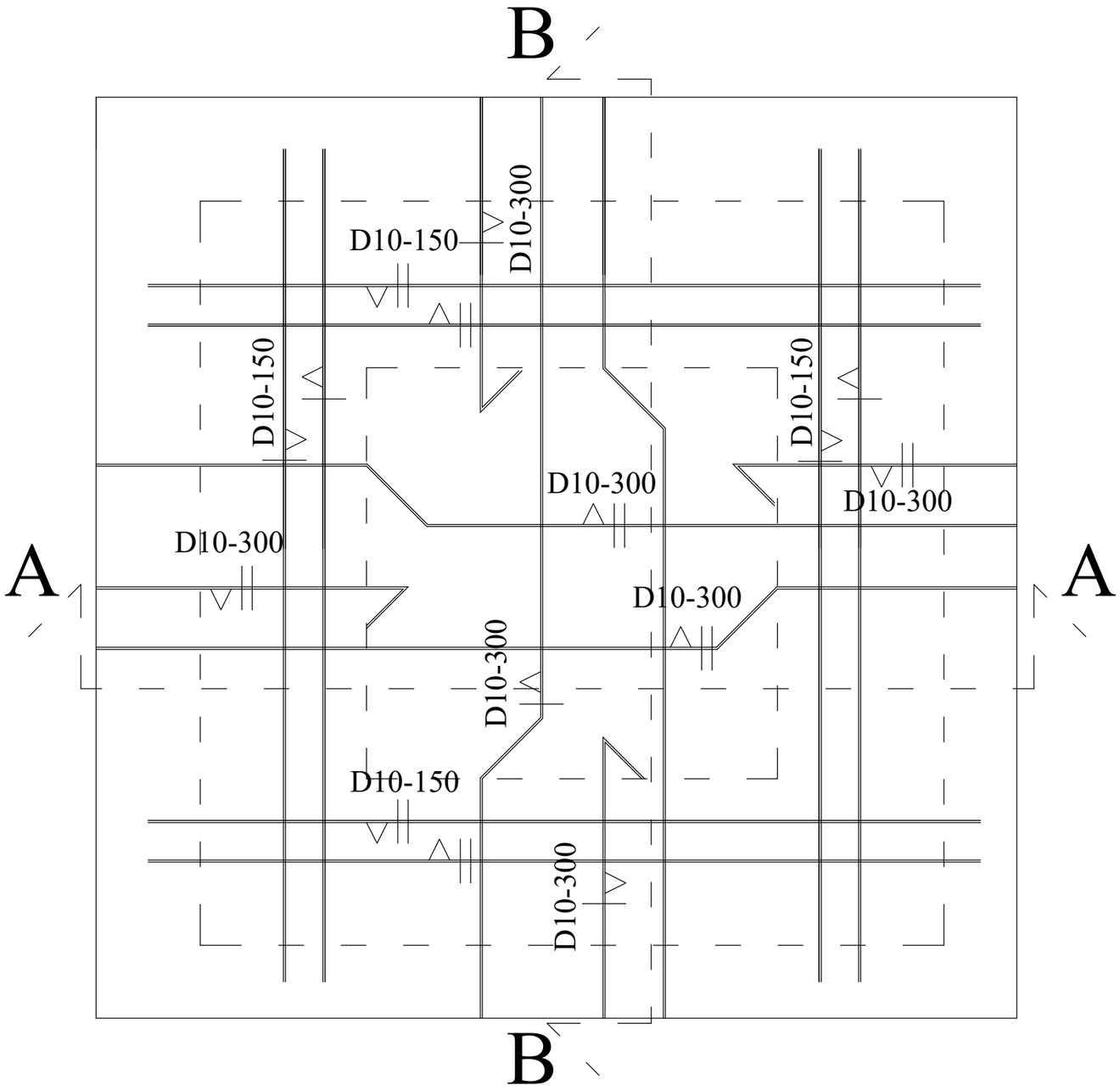
MAHASISWA

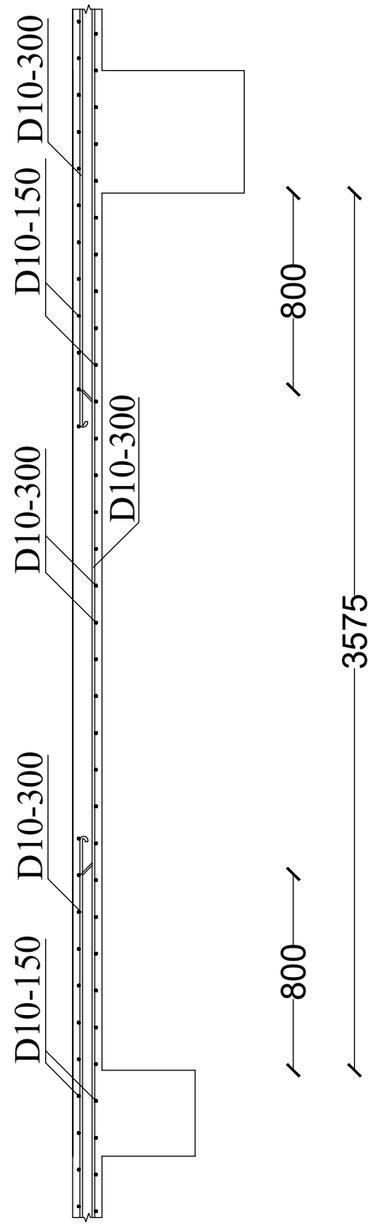
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

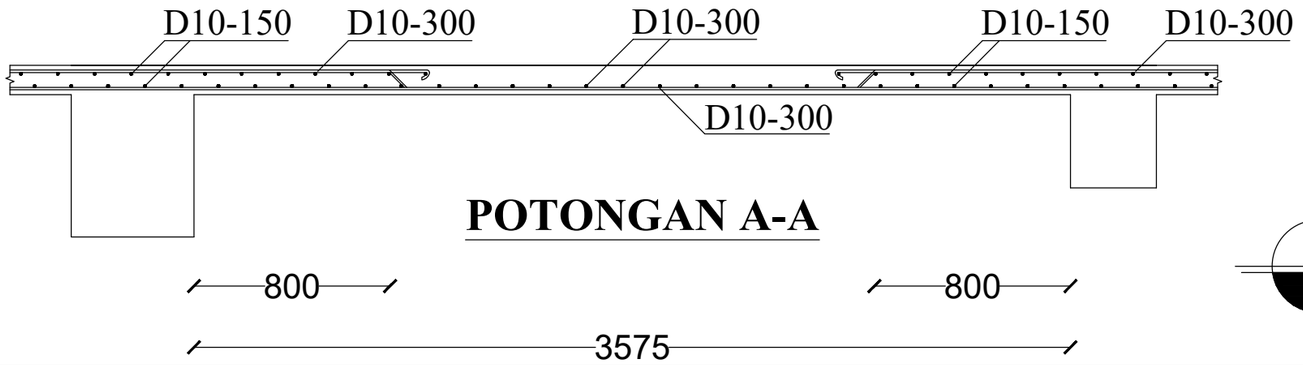
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
30	62





POTONGAN B-B



POTONGAN A-A

NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ln	3.575
2	Sn	3.575

DETAIL PELAT P1

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

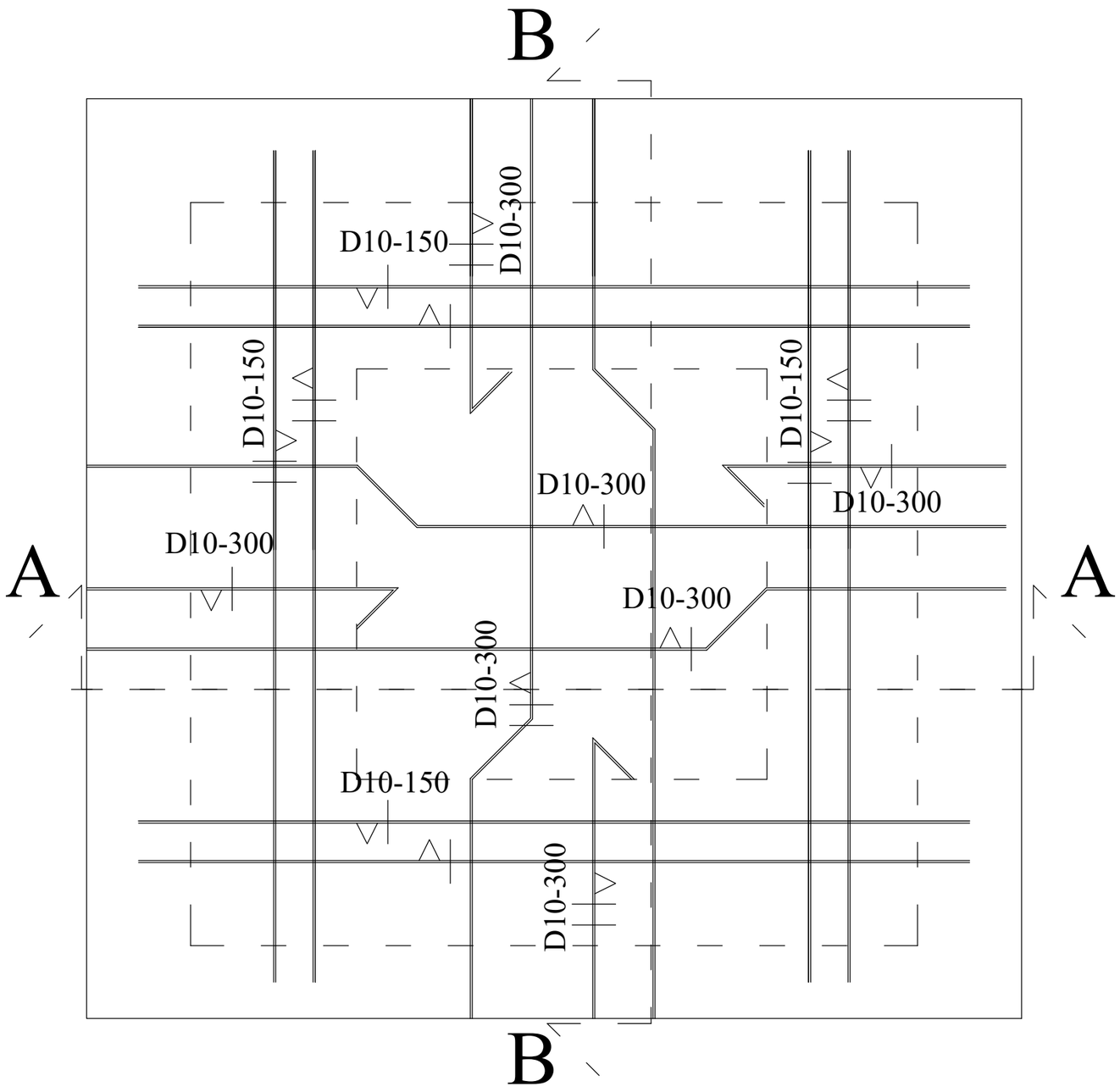
MAHASISWA

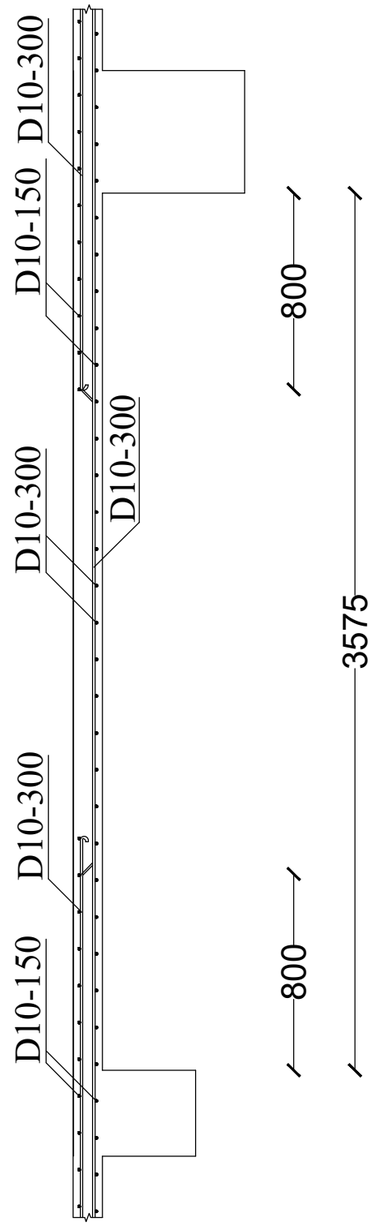
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

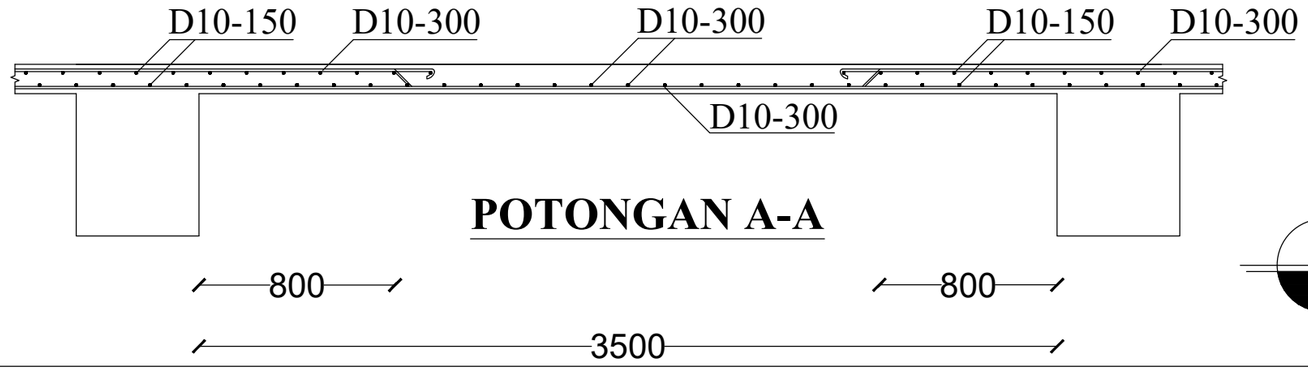
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
31	62





POTONGAN B-B



POTONGAN A-A

NO	KETERANGAN	DIMENSI (MM)
1	Ln	3.575
2	Sn	3.500

DETAIL PELAT P2

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

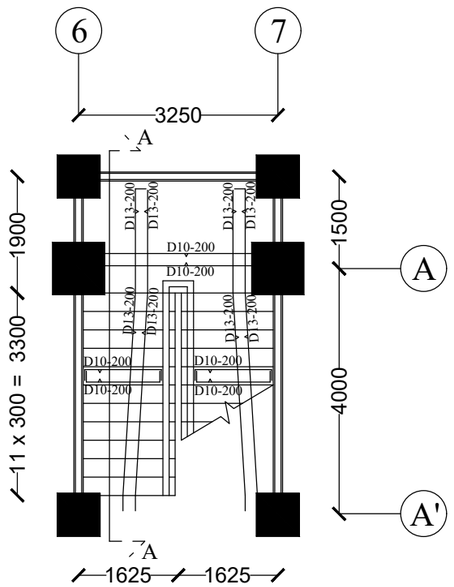
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

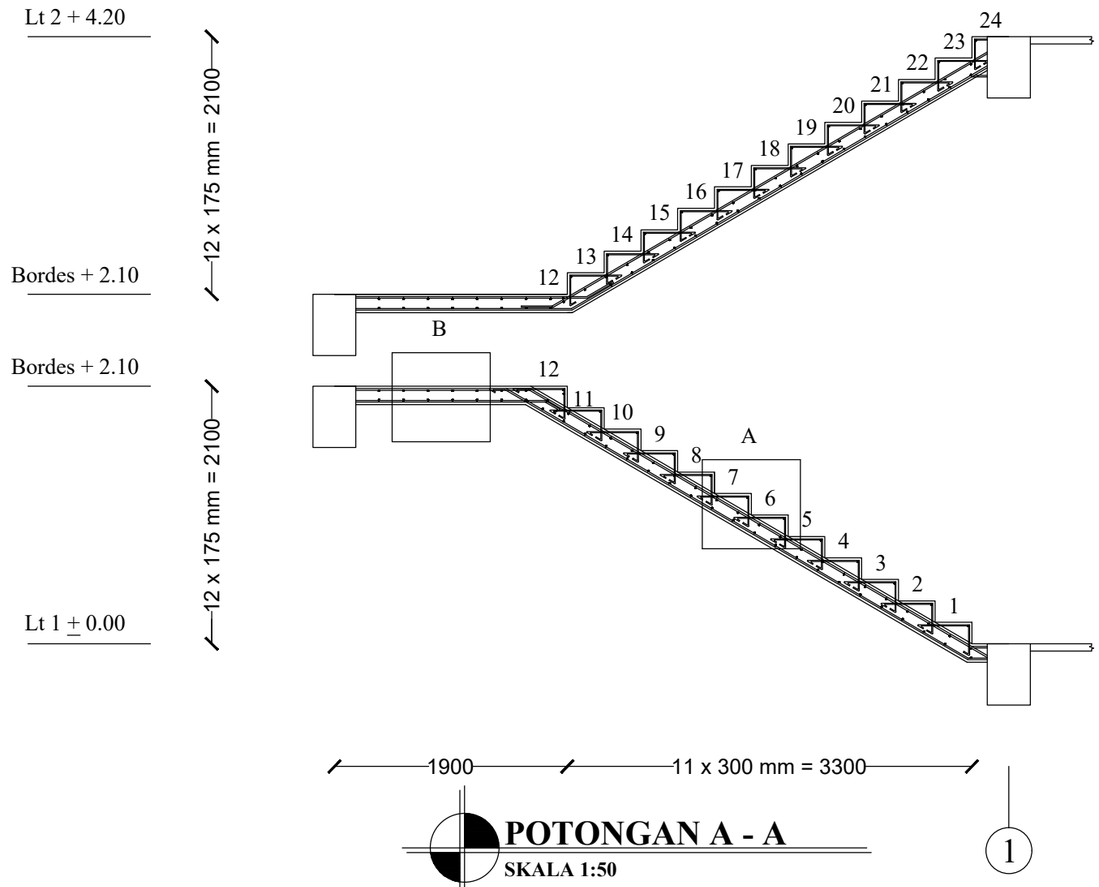
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
32	62



DENAH TANGGA

SKALA 1:100



POTONGAN A - A

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

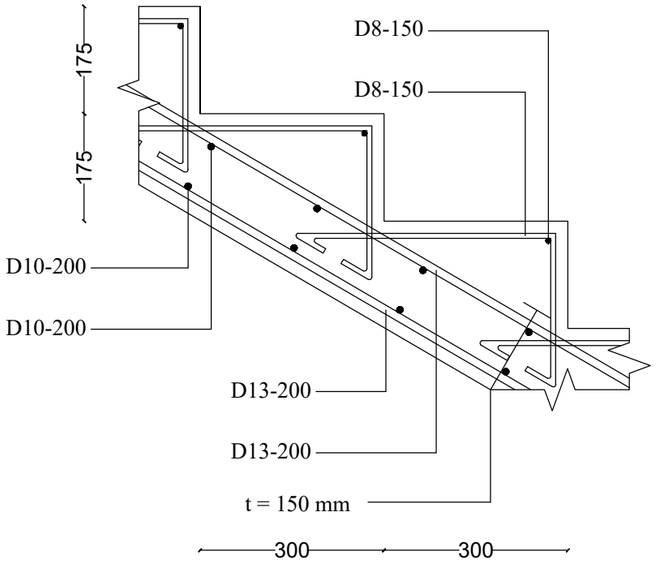
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

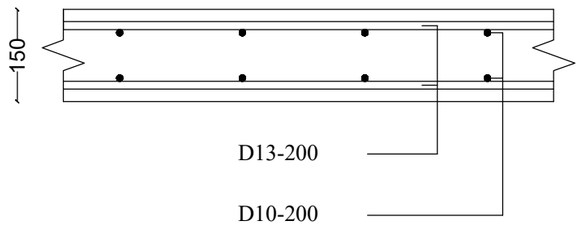
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
33	62



DETAIL A
SKALA 1:10



DETAIL B
SKALA 1:10

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

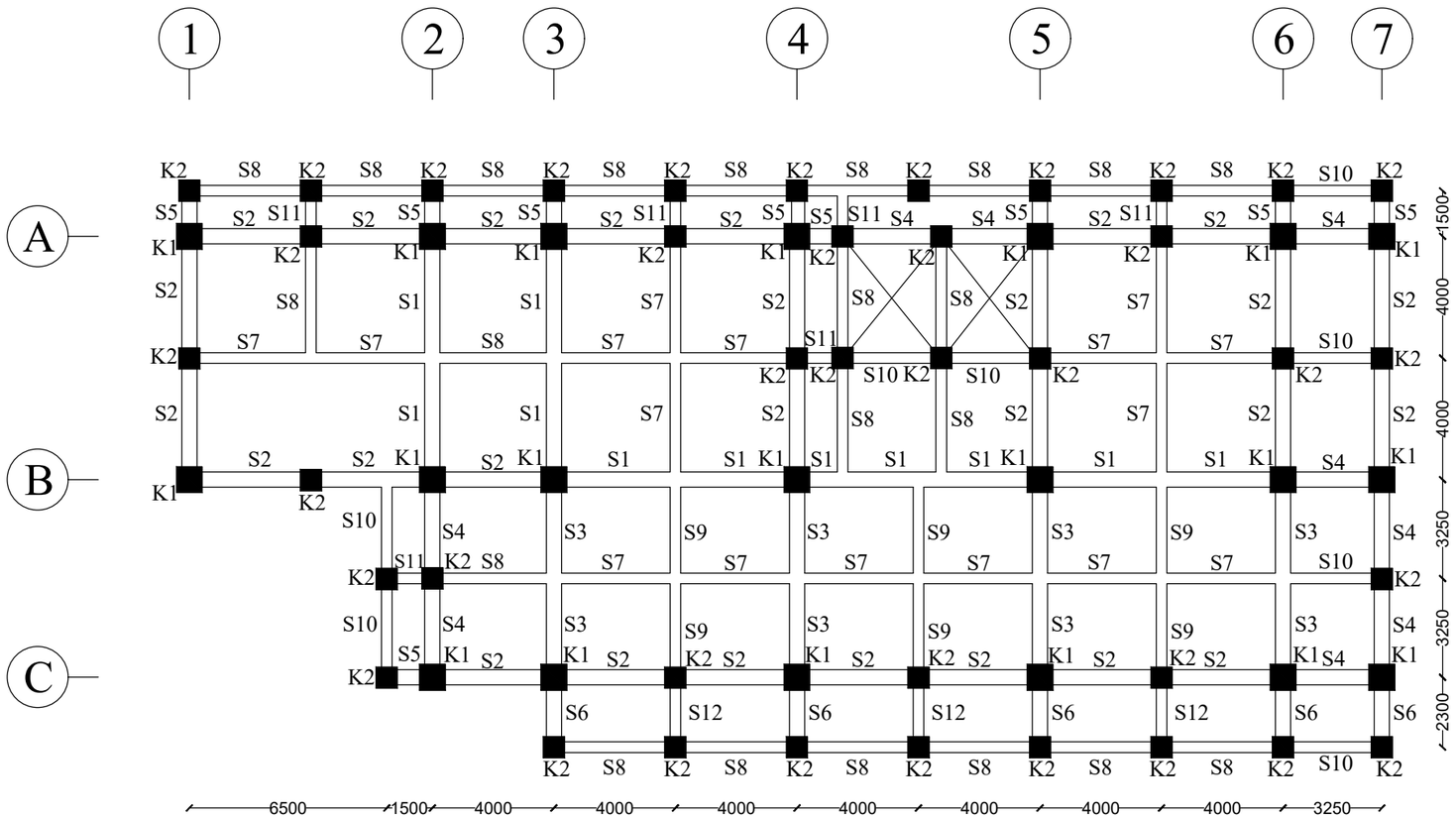
Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

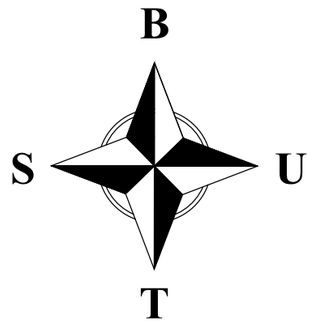
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

NO	JUMLAH
34	62





NO	TIPE KOLOM	DIMENSI KOLOM
1	K1	850 X 850
2	K2	700 X 700

NO	TIPE SLOOF	DIMENSI SLOOF
1	S1	500 X 700
2	S2	500 X 700
3	S3	500 X 700
4	S4	500 X 700
5	S5	500 X 700
6	S6	500 X 700
7	S7	350 X 500
8	S8	350 X 500
9	S9	350 X 500
10	S10	350 X 500
11	S11	350 X 500
12	S12	350 X 500

DENAH SLOOF & KOLOM LANTAI BASEMENT

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

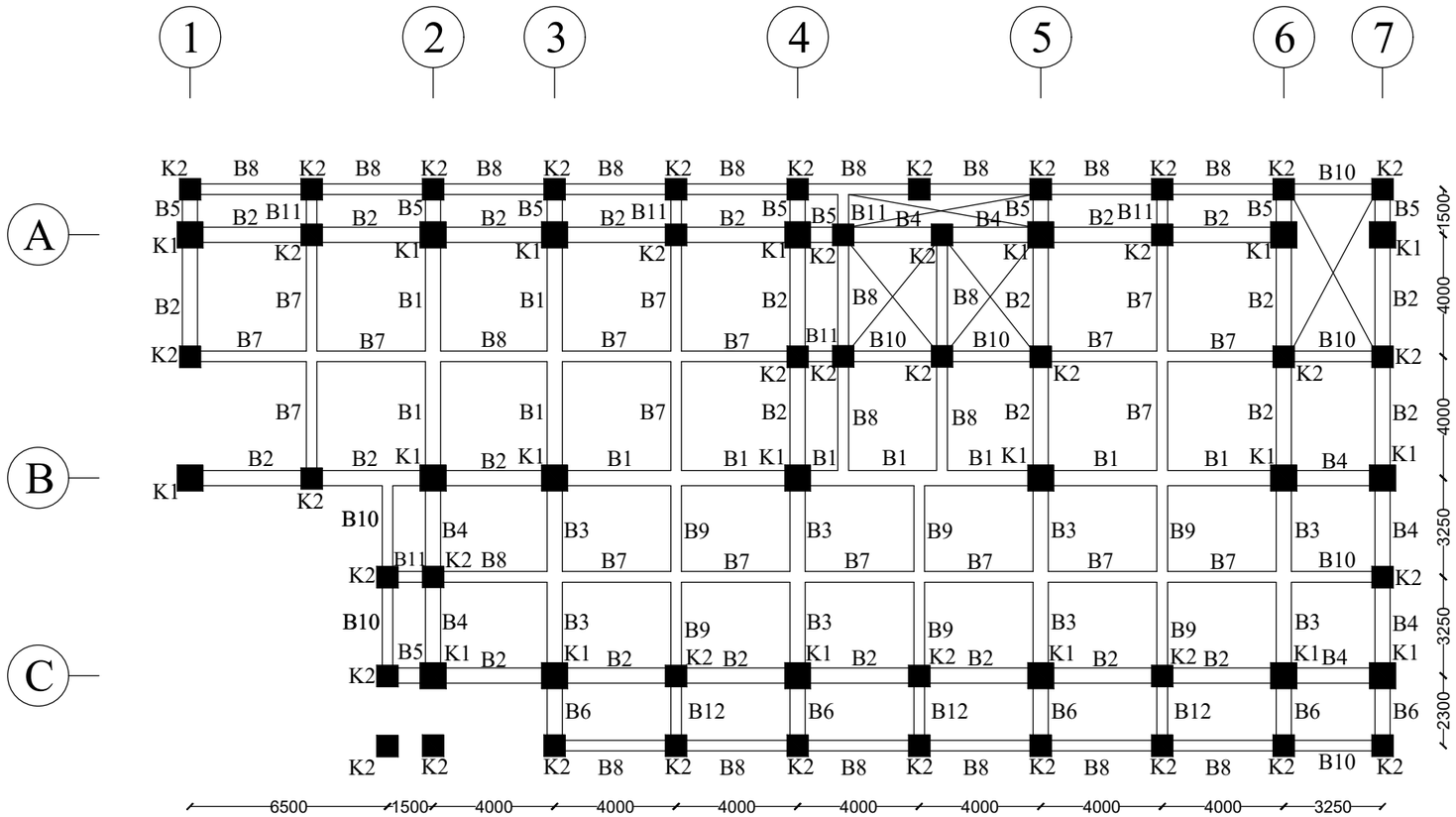
MAHASISWA

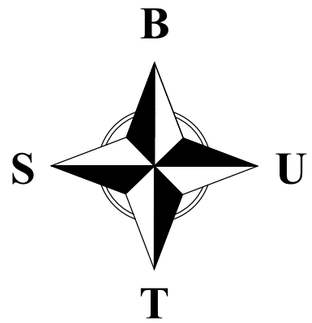
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
35	62





NO	TIPE KOLOM	DIMENSI KOLOM
1	K1	850 X 850
2	K2	700 X 700

NO	TIPE BALOK	DIMENSI BALOK
1	B1	500 X 700
2	B2	500 X 700
3	B3	500 X 700
4	B4	500 X 700
5	B5	500 X 700
6	B6	500 X 700
7	B7	350 X 500
8	B8	350 X 500
9	B9	350 X 500
10	B10	350 X 500
11	B11	350 X 500
12	B12	350 X 500

DENAH BALOK & KOLOM LANTAI 1

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

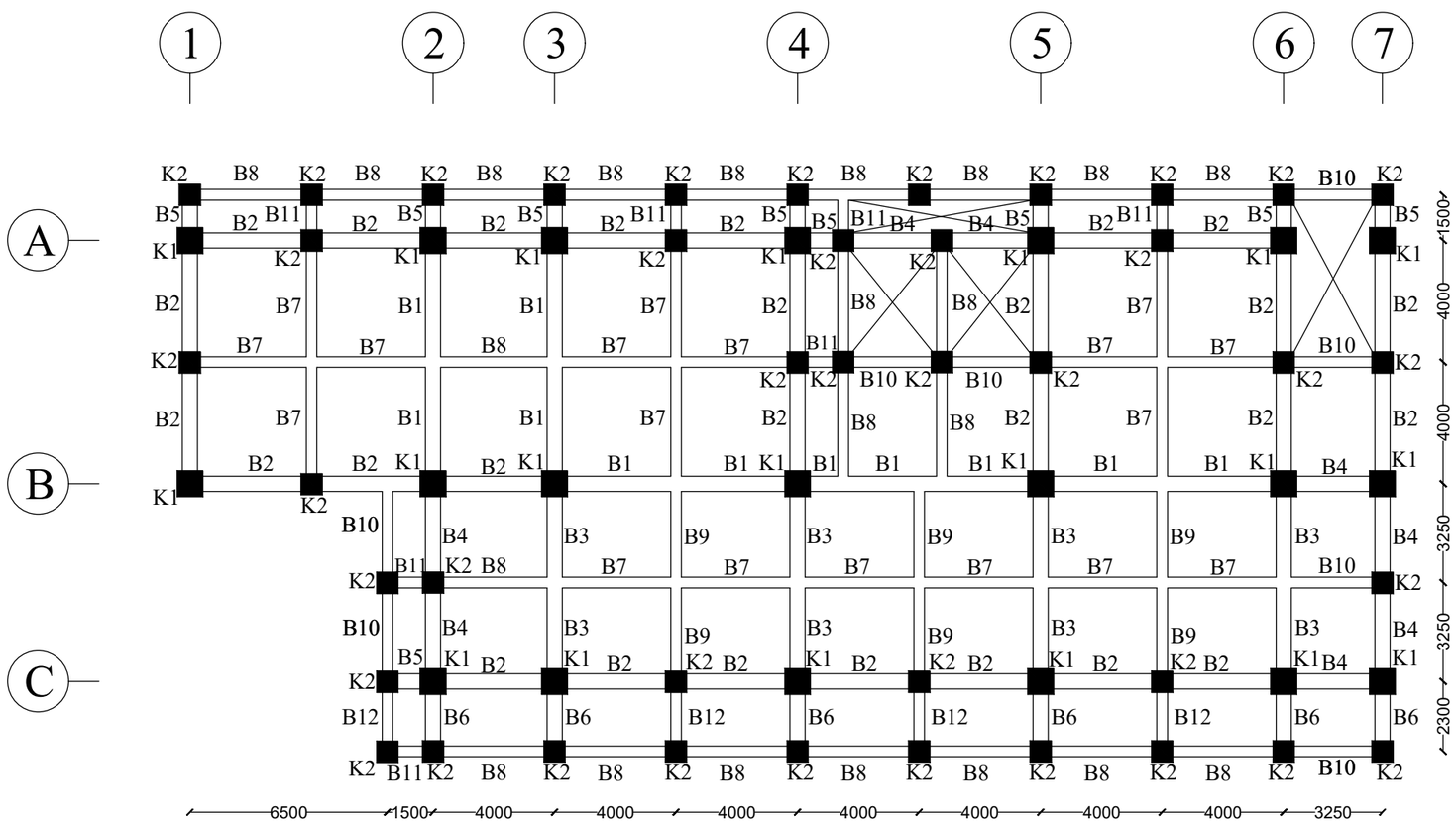
MAHASISWA

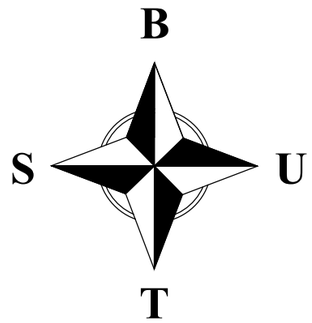
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
36	62





NO	TIPE KOLOM	DIMENSI KOLOM
1	K1	850 X 850
2	K2	700 X 700

NO	TIPE BALOK	DIMENSI BALOK
1	B1	500 X 700
2	B2	500 X 700
3	B3	500 X 700
4	B4	500 X 700
5	B5	500 X 700
6	B6	500 X 700
7	B7	350 X 500
8	B8	350 X 500
9	B9	350 X 500
10	B10	350 X 500
11	B11	350 X 500
12	B12	350 X 500

DENAH BALOK & KOLOM LANTAI 2-8

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

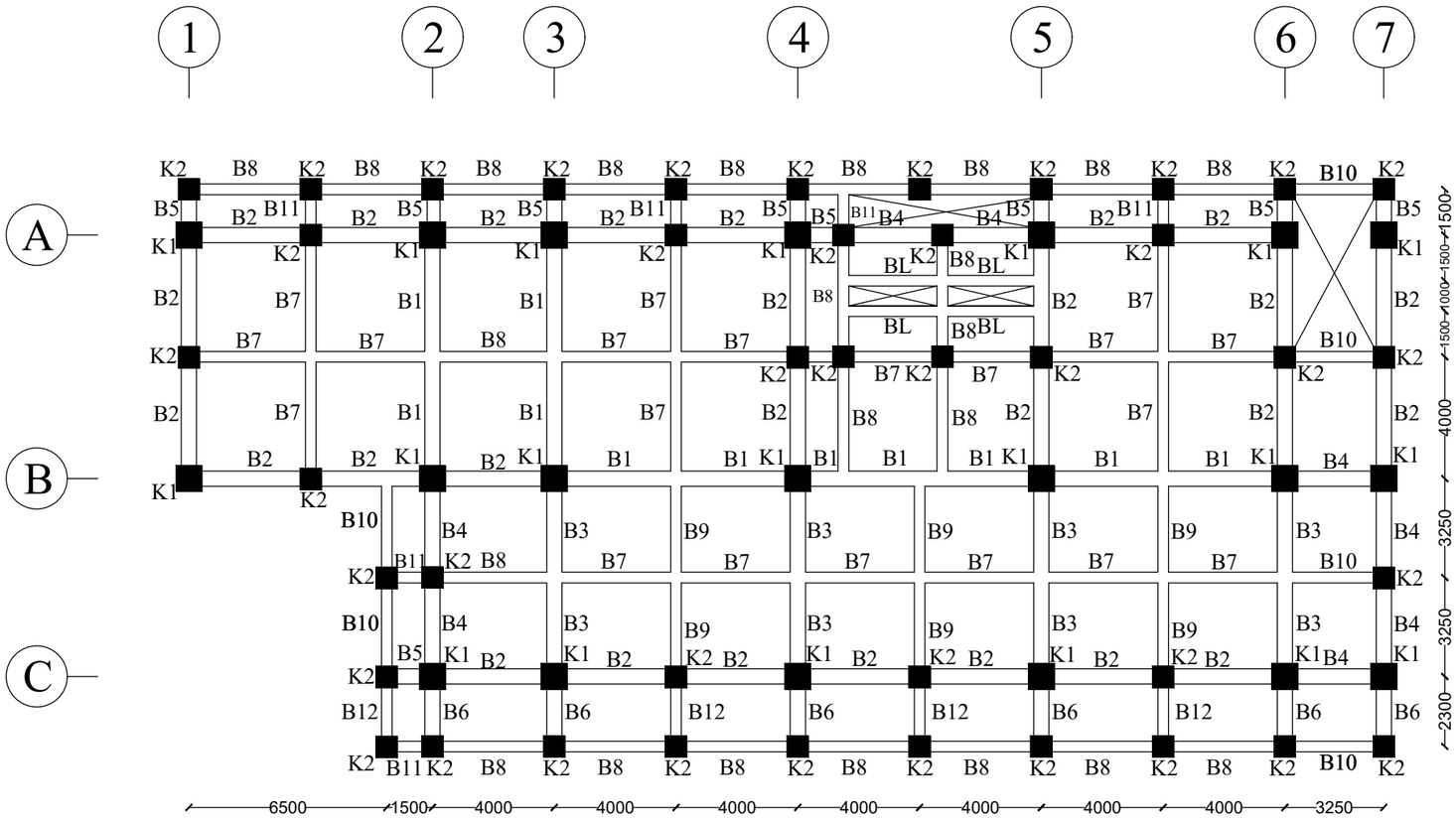
MAHASISWA

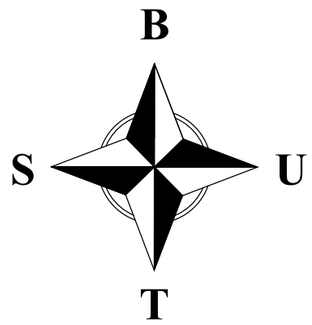
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
37	62





NO	TIPE KOLOM	DIMENSI KOLOM
1	K1	850 X 850
2	K2	700 X 700

NO	TIPE BALOK	DIMENSI BALOK
1	B1	500 X 700
2	B2	500 X 700
3	B3	500 X 700
4	B4	500 X 700
5	B5	500 X 700
6	B6	500 X 700
7	B7	350 X 500
8	B8	350 X 500
9	B9	350 X 500
10	B10	350 X 500
11	B11	350 X 500
12	B12	350 X 500
13	BL	350 X 500

DENAH BALOK & KOLOM LANTAI ATTIC

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

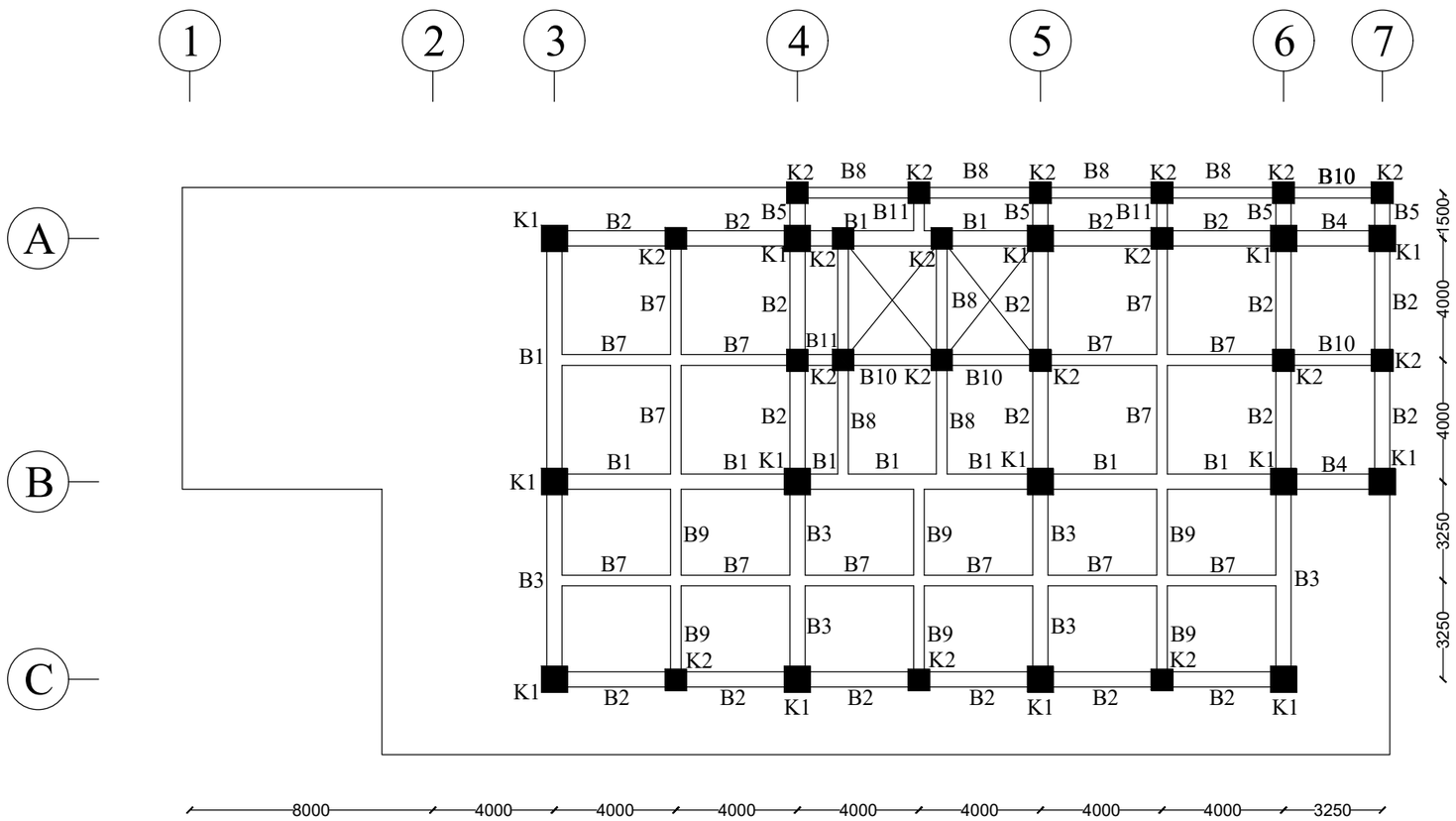
MAHASISWA

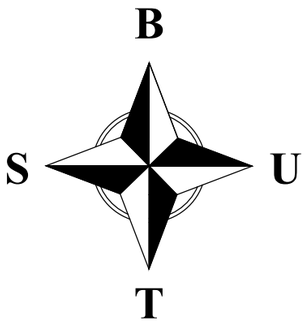
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
38	62





NO	TIPE KOLOM	DIMENSI KOLOM
1	K1	850 X 850
2	K2	700 X 700

NO	TIPE BALOK	DIMENSI BALOK
1	B1	500 X 700
2	B2	500 X 700
3	B3	500 X 700
4	B4	500 X 700
5	B5	500 X 700
6	B7	350 X 500
7	B8	350 X 500
8	B9	350 X 500
9	B10	350 X 500
10	B11	350 X 500

DENAH BALOK & KOLOM LANTAI ATAP

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

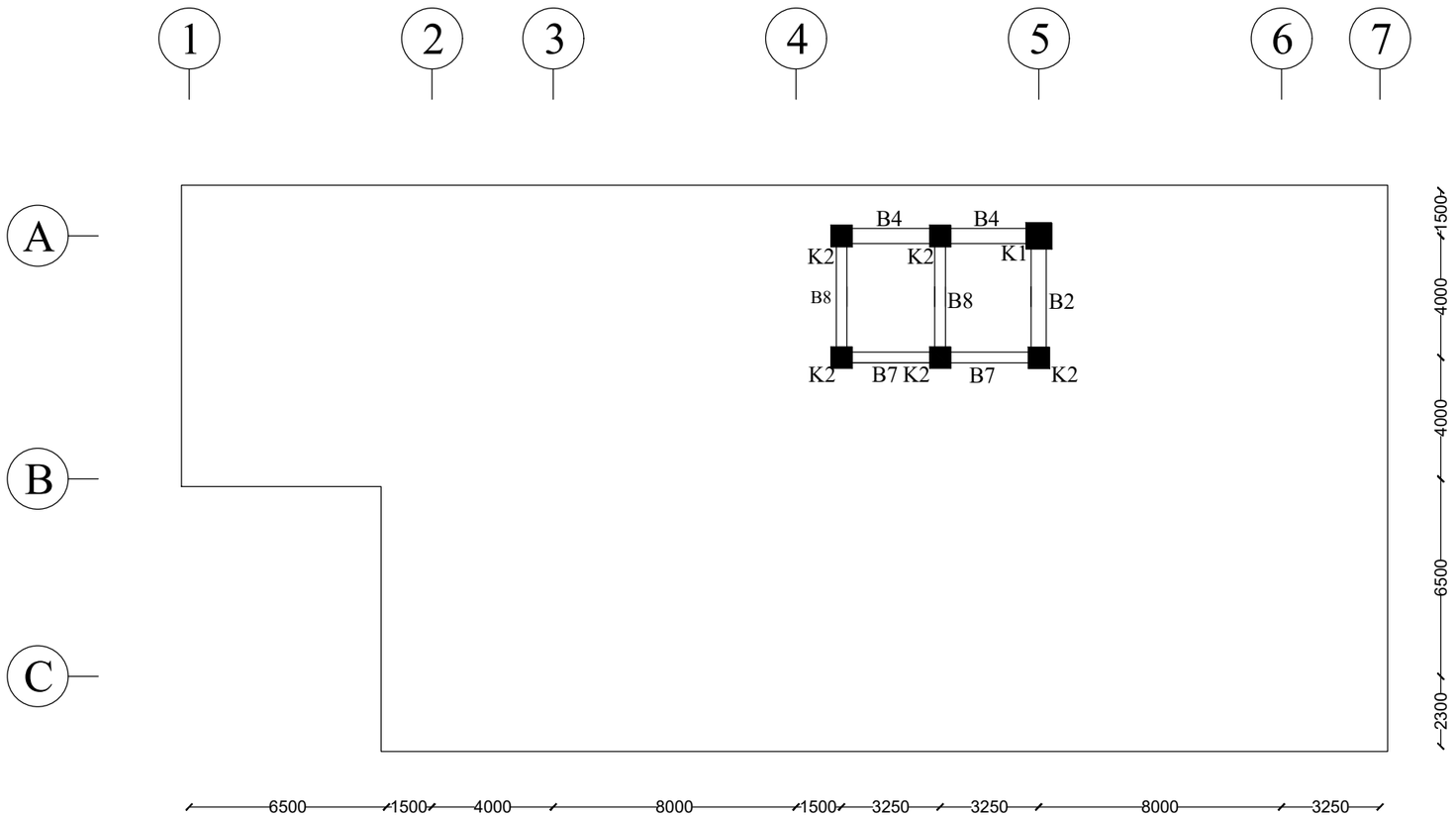
MAHASISWA

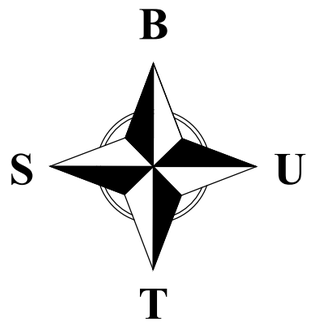
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
39	62





NO	TIPE KOLOM	DIMENSI KOLOM
1	K1	850 X 850
2	K2	700 X 700

NO	TIPE BALOK	DIMENSI BALOK
1	B2	500 X 700
2	B4	500 X 700
3	B7	350 X 500
4	B8	350 X 500

DENAH BALOK & KOLOM LANTAI ATTIC LIFT

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

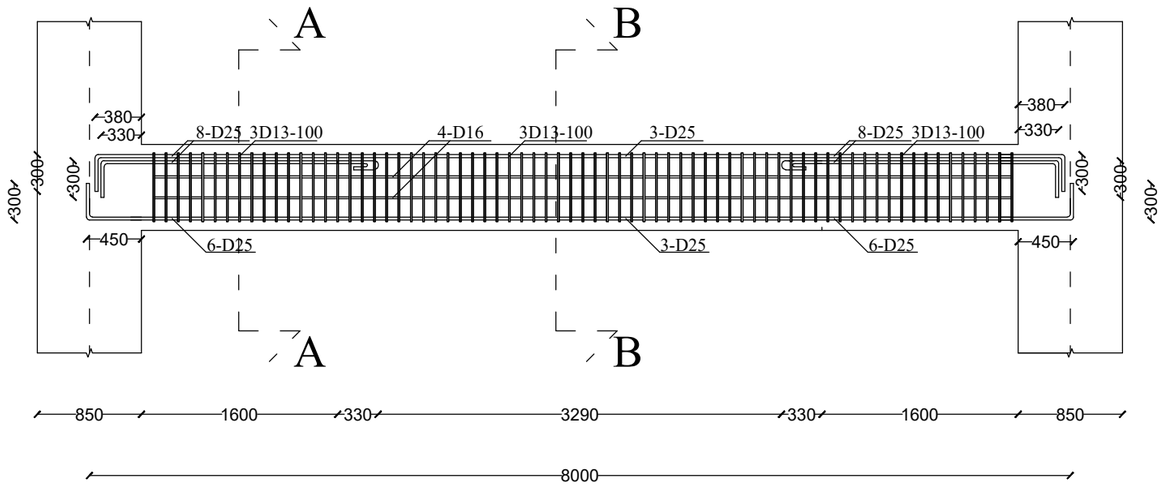
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

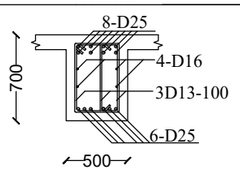
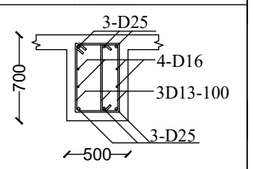
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

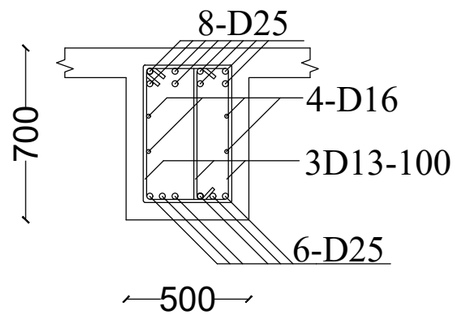
NO	JUMLAH
40	62



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK (B1)

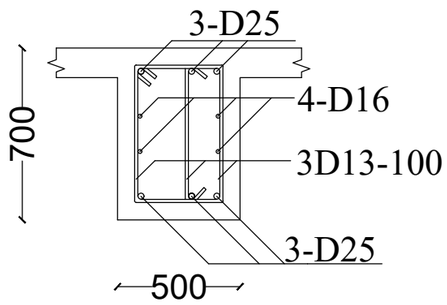
SKALA 1:50

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	8-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	6-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-100



POTONGAN A - A

SKALA 1:25



POTONGAN B - B

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

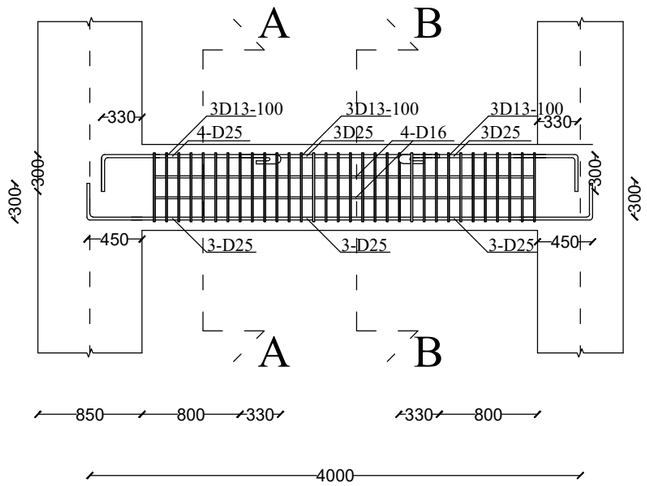
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

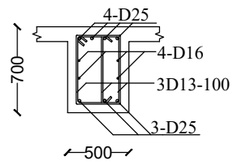
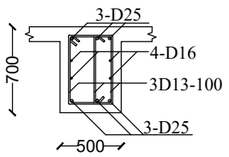
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

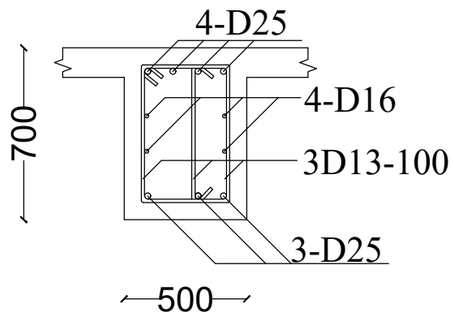
NO	JUMLAH
41	62



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK (B2)

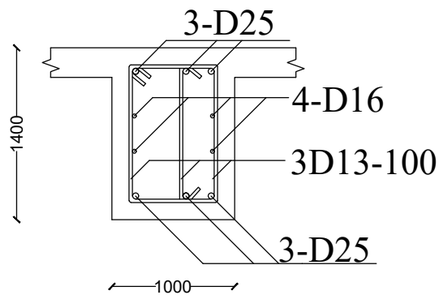
SKALA 1:50

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	4-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	3-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-100



POTONGAN A - A

SKALA 1:25



POTONGAN B - B

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

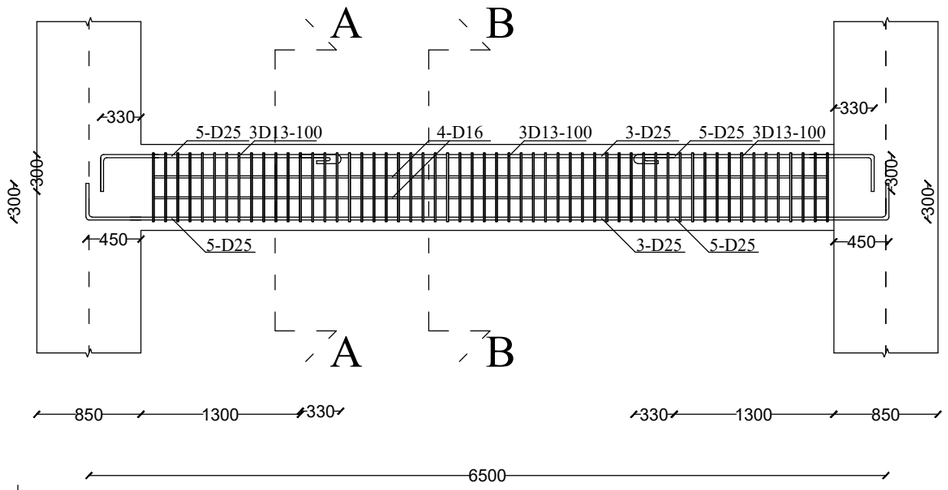
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

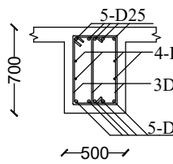
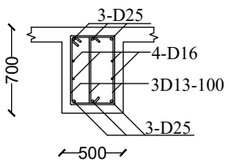
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

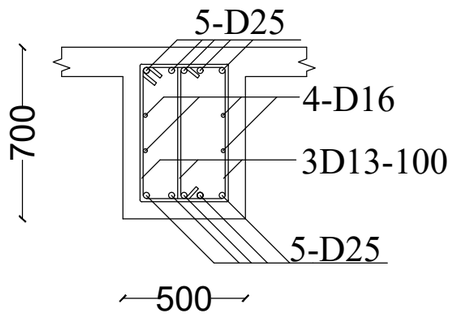
NO	JUMLAH
42	62



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK (B3)

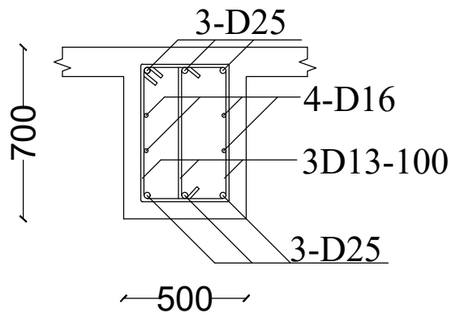
SKALA 1:50

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B3)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	5-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	5-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-100



POTONGAN A - A

SKALA 1:25



POTONGAN B - B

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

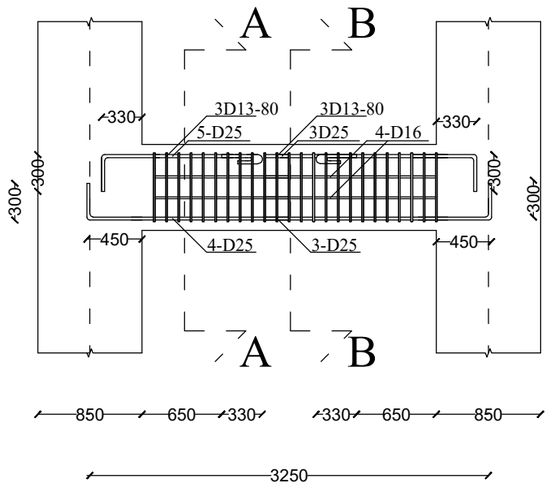
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

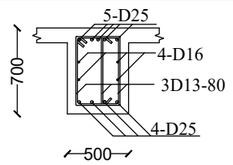
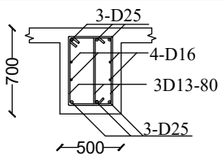
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

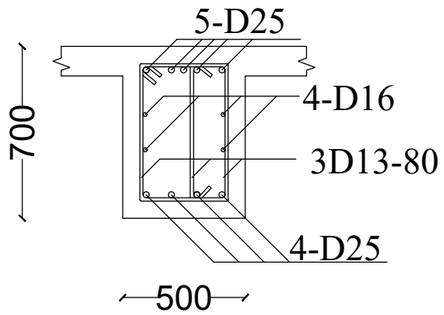
NO	JUMLAH
43	62



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK (B4)

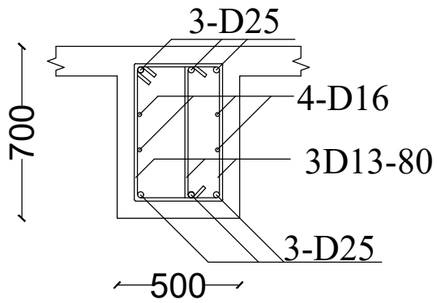
SKALA 1:50

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B4)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	5-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	4-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-80	3D13-80



POTONGAN A - A

SKALA 1:25



POTONGAN B - B

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

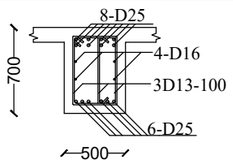
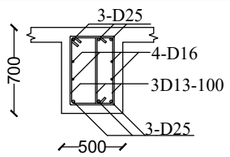
MAHASISWA

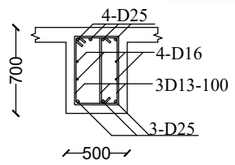
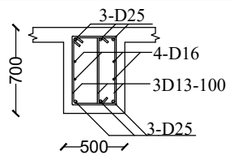
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

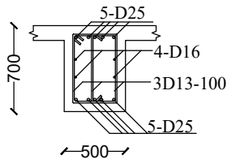
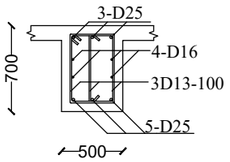
KETERANGAN

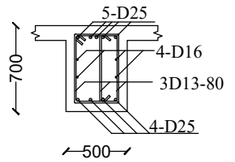
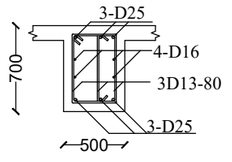
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

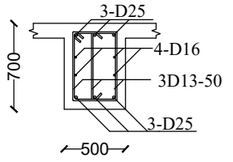
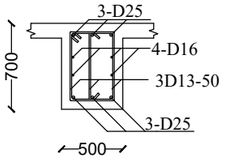
NO	JUMLAH
44	62

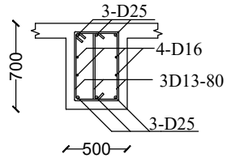
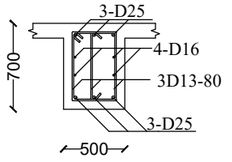
TIPE BALOK	BALOK INDUK (B1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	8-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	6-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-100

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	4-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	3-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-100

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B3)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	5-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	5-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-100

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B4)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	5-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	4-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-80	3D13-80

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B5)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	3-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	3-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-50	3D13-50

TIPE BALOK	BALOK INDUK (B6)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	500 x 700	500 x 700
TULANGAN ATAS	3-D25	3-D25
TULANGAN SAMPING	4-D16	4-D16
TULANGAN BAWAH	3-D25	3-D25
SENGKANG	3D13-80	3D13-80

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK INDUK

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

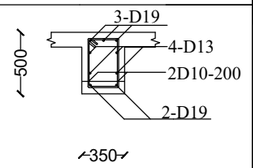
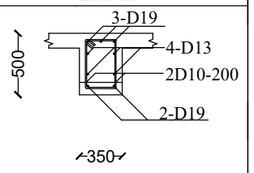
MAHASISWA

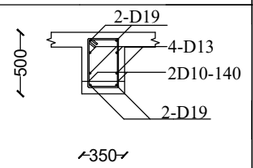
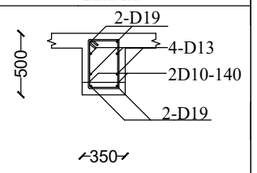
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

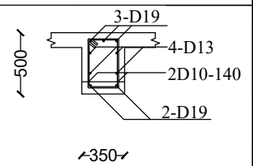
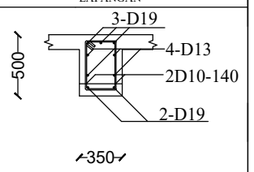
KETERANGAN

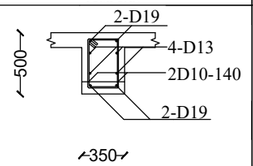
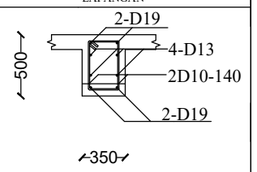
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

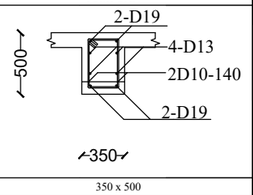
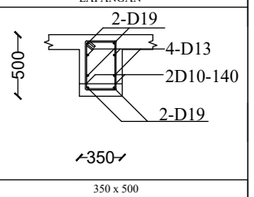
NO	JUMLAH
45	62

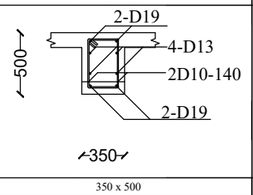
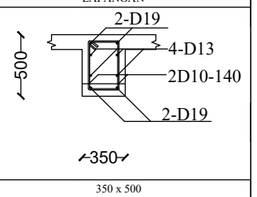
TIPE BALOK	BALOK ANAK (B7)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3-D19	3-D19
TULANGAN SAMPING	4-D13	4-D13
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D10-200	2D10-200

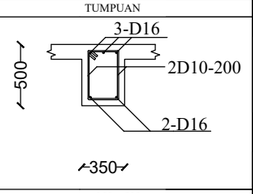
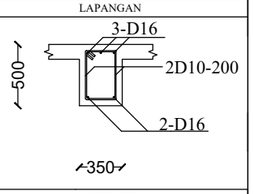
TIPE BALOK	BALOK ANAK (B8)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	2-D19	2-D19
TULANGAN SAMPING	4-D13	4-D13
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D10-140	2D10-140

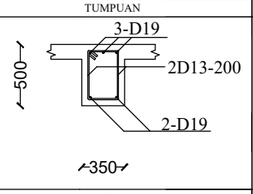
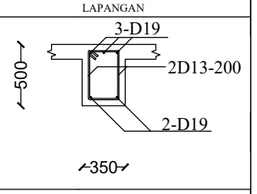
TIPE BALOK	BALOK ANAK (B9)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3-D19	3-D19
TULANGAN SAMPING	4-D13	4-D13
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D10-140	2D10-140

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B10)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	2-D19	2-D19
TULANGAN SAMPING	4-D13	4-D13
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D10-140	2D10-140

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B11)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	2-D19	2-D19
TULANGAN SAMPING	4-D13	4-D13
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D10-140	2D10-140

TIPE BALOK	BALOK ANAK (B12)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	2-D19	2-D19
TULANGAN SAMPING	4-D13	4-D13
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D10-140	2D10-140

TIPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3-D16	3-D16
TULANGAN BAWAH	2-D16	2-D16
SENGKANG	2D10-200	2D10-200

TIPE BALOK	BALOK LIFT (BL)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3-D19	3-D19
TULANGAN BAWAH	2-D19	2-D19
SENGKANG	2D13-200	2D13-200

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK ANAK

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

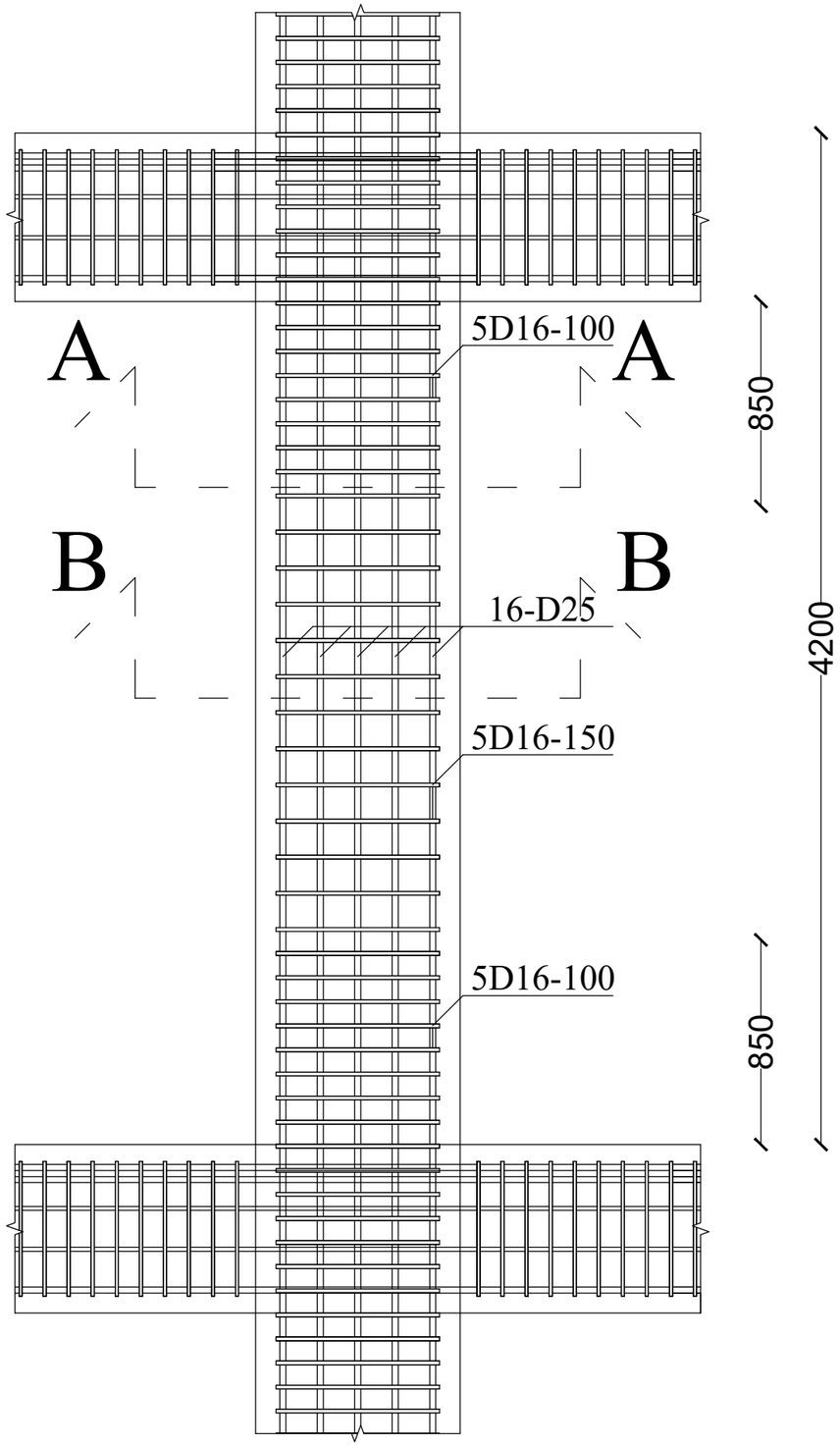
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

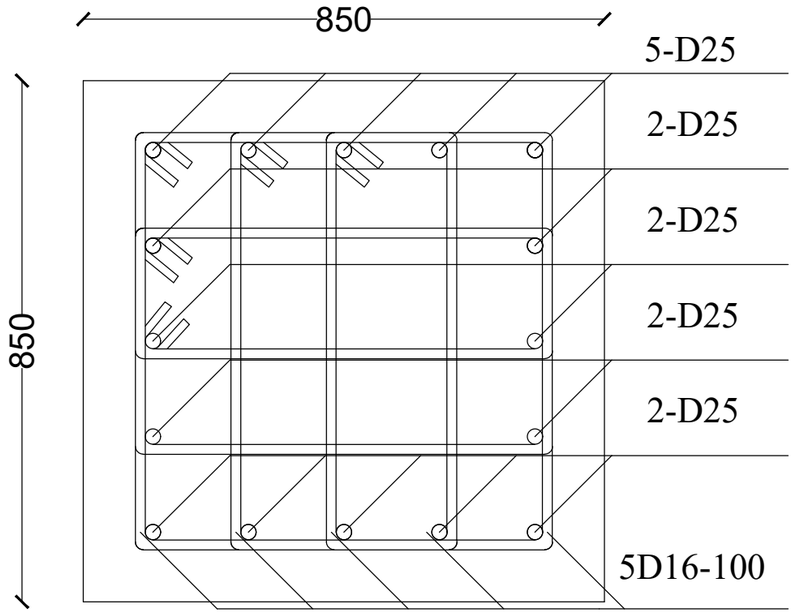
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
46	62



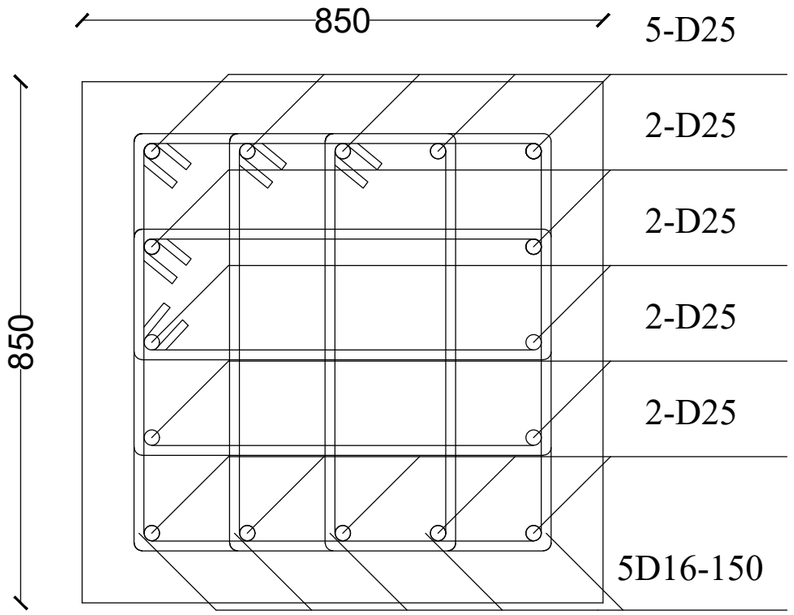
DETAIL PENULANGAN KOLOM K1

SKALA 1:25



POTONGAN A - A

SKALA 1:10



POTONGAN B - B

SKALA 1:10

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

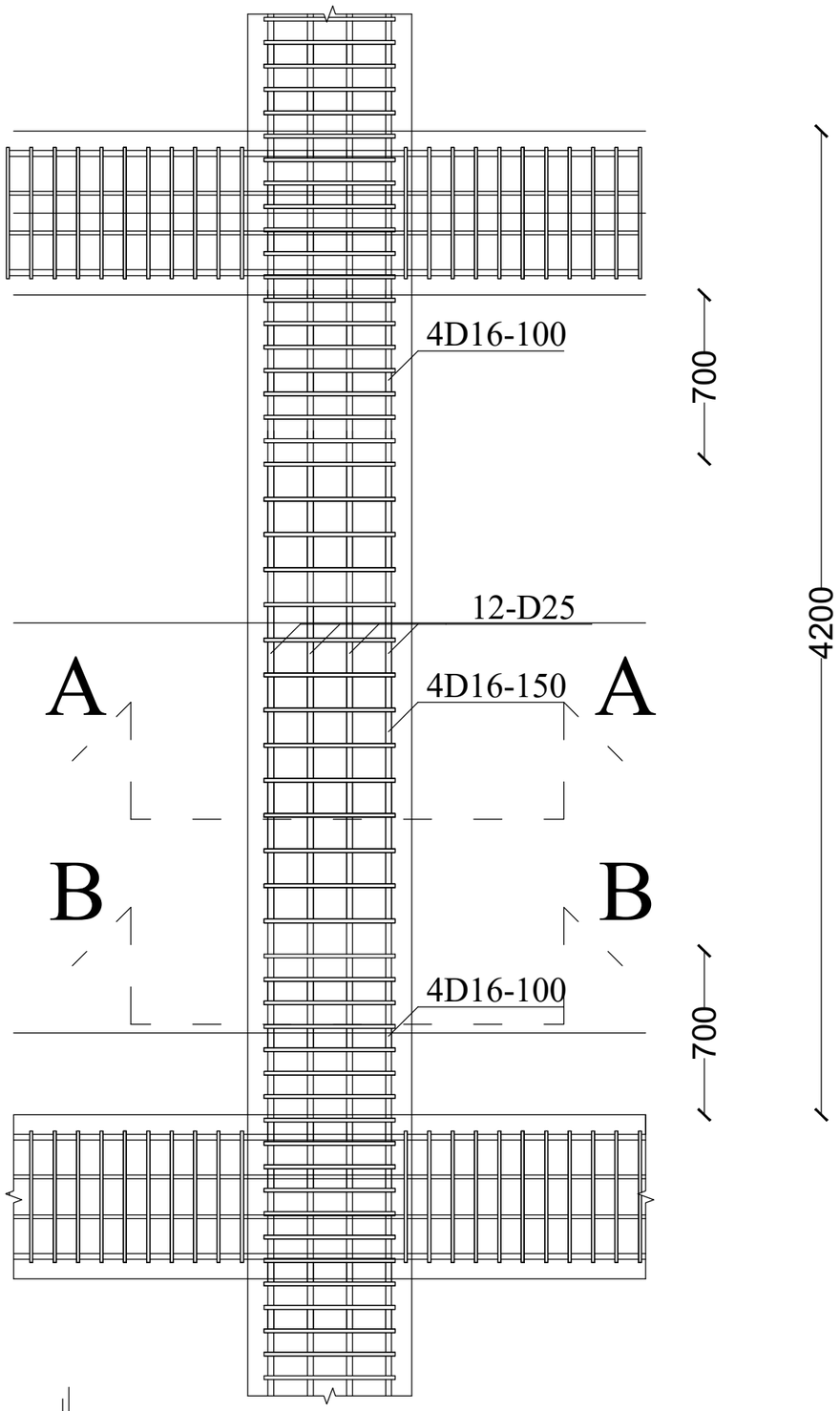
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

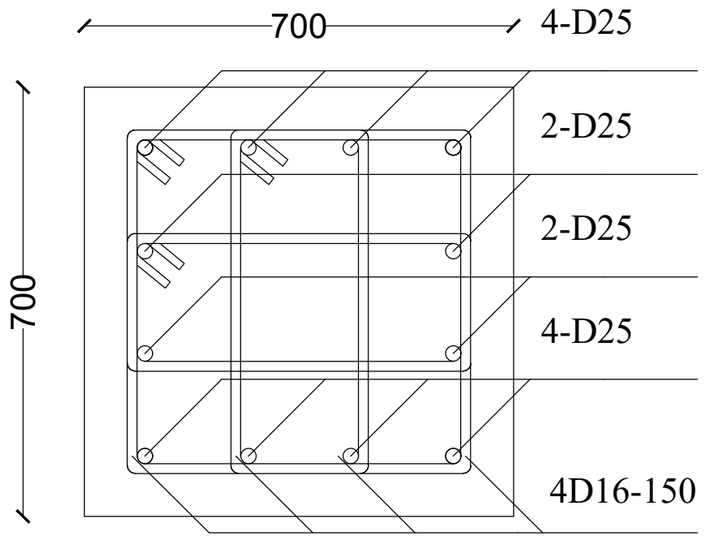
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
47	62



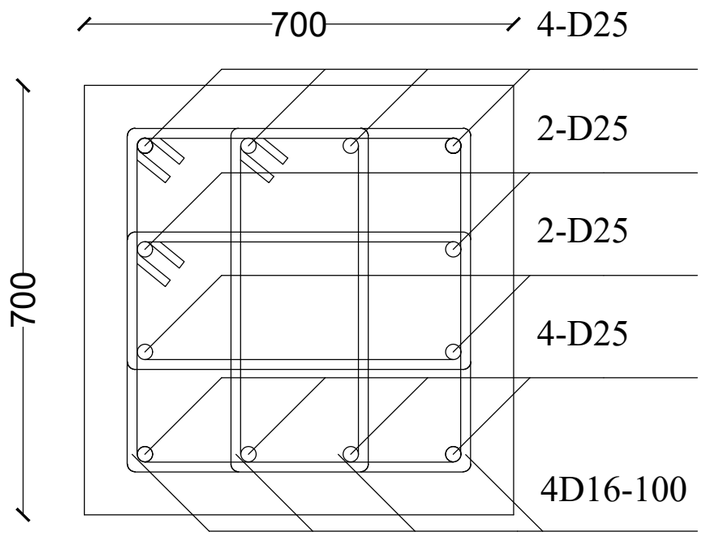
DETAIL PENULANGAN KOLOM K2

SKALA 1:25



POTONGAN A - A

SKALA 1:10



POTONGAN B - B

SKALA 1:10

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

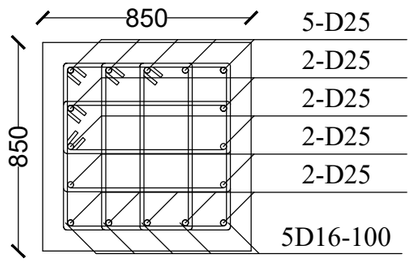
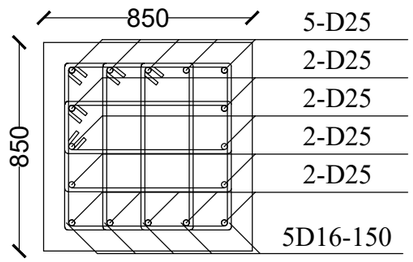
MAHASISWA

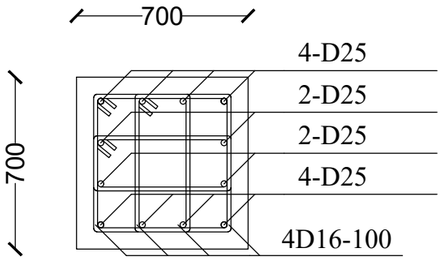
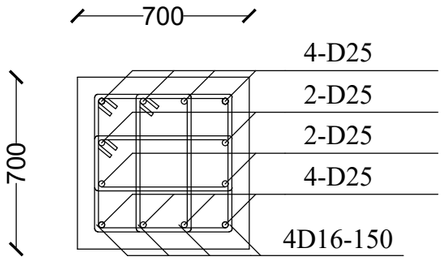
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
48	62

TIPE KOLOM	K1	
POSISI	DALAM *lo*	LUAR *lo*
POTONGAN		
DIMENSI	850 x 850	850 x 850
TULANGAN UTAMA	16-D25	16-D25
SENGKANG	5D16-100	5D16-150

TIPE KOLOM	K2	
POSISI	DALAM *lo*	LUAR *lo*
POTONGAN		
DIMENSI	700 x 700	700 x 700
TULANGAN UTAMA	12-D25	12-D25
SENGKANG	4D16-100	4D16-150

REKAPITULASI PENULANGAN KOLOM

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

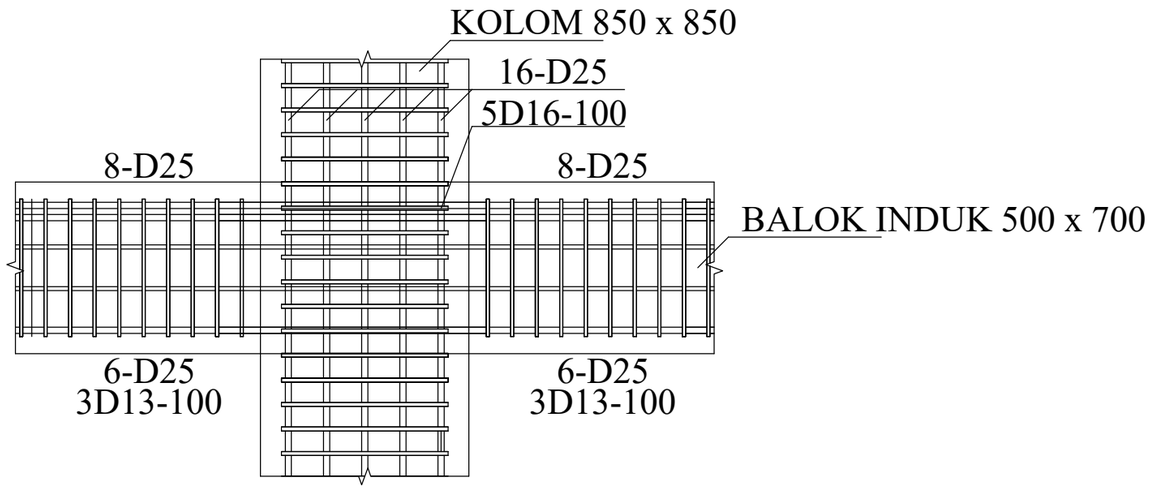
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
49	62



DETAIL HUBUNGAN BALOK - KOLOM

SKALA 1:25

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

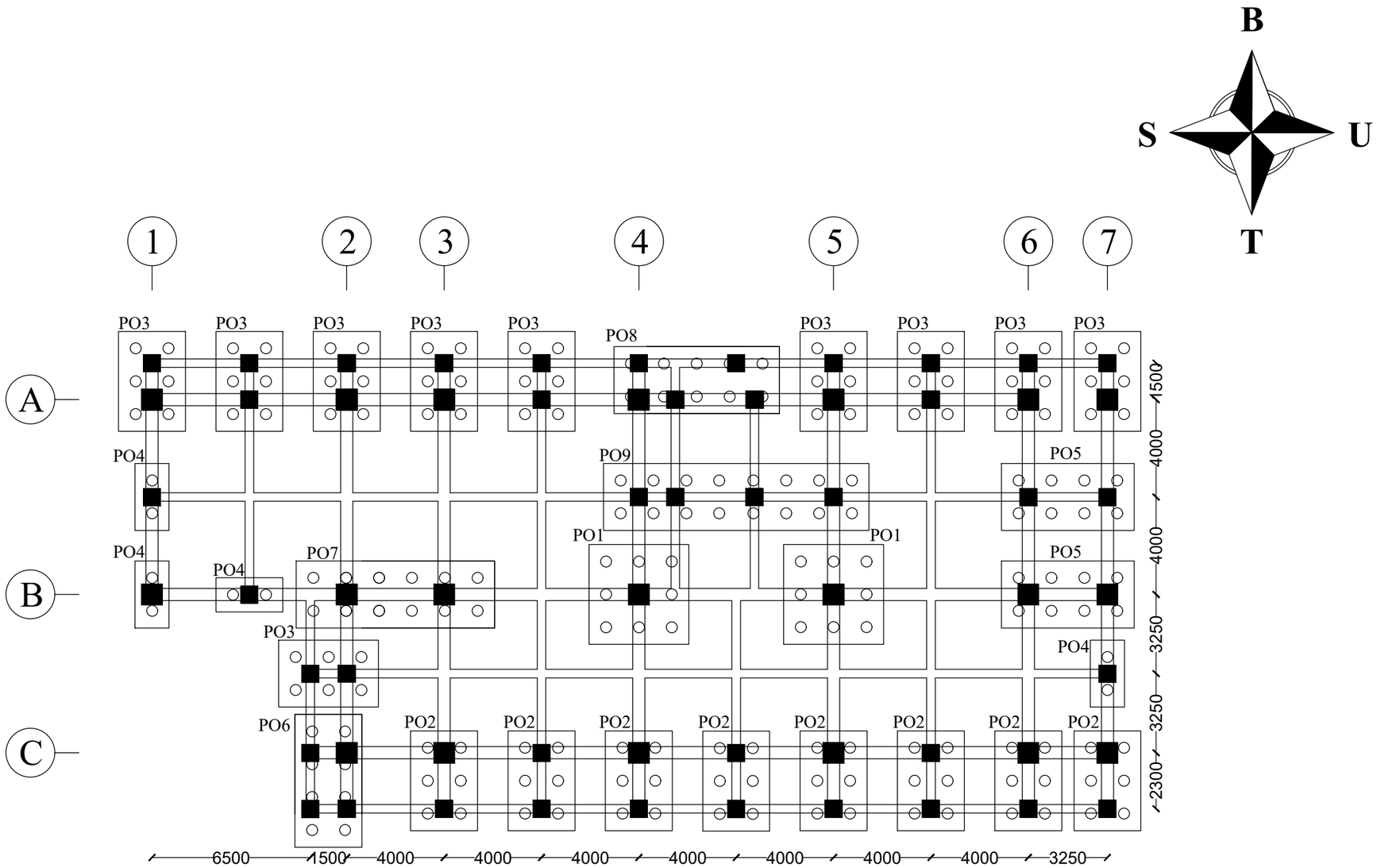
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
50	62



DENAH PONDASI

SKALA 1:200

NO	TIPE PONDASI	JUMLAH PANCANG	DIMENSI PILE CAP	TEBAL
1	PO1	9 D450	4100 x 4100	1000
2	PO2	6 D450	4100 x 2750	1000
3	PO3	6 D450	4100 x 2750	1000
4	PO4	2 D450	2750 x 1400	1000
5	PO5	8 D450	5450 x 2750	1000
6	PO6	8 D450	5450 X 2750	1000
7	PO7	12 D450	8150 x 2750	1000
8	PO8	10 D450	6800 x 2750	1000
9	PO9	16 D450	10900 x 2750	1000

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

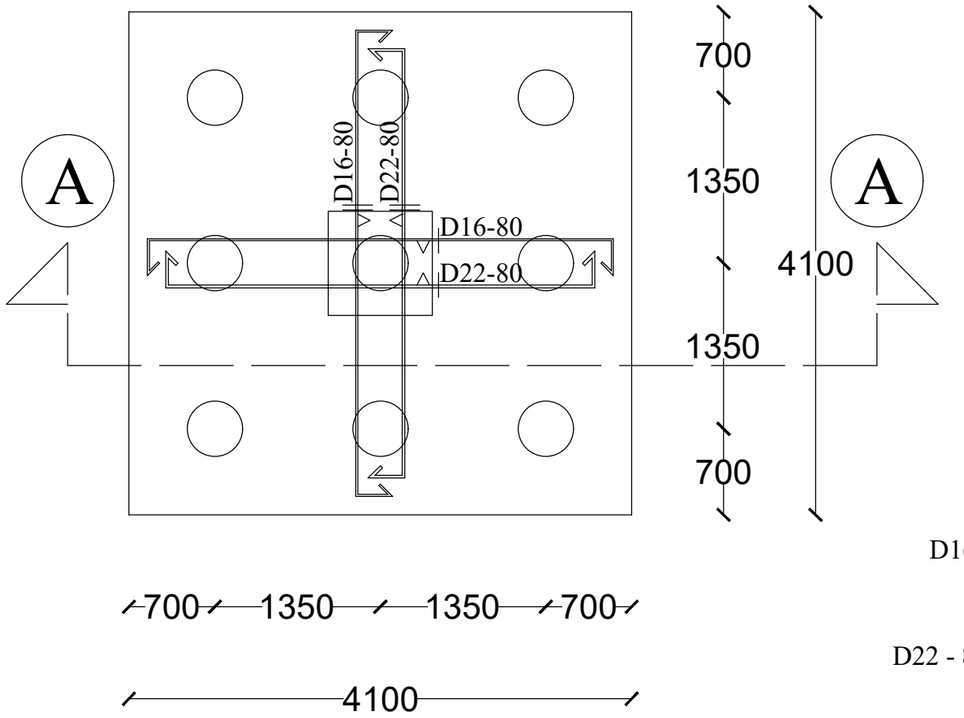
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

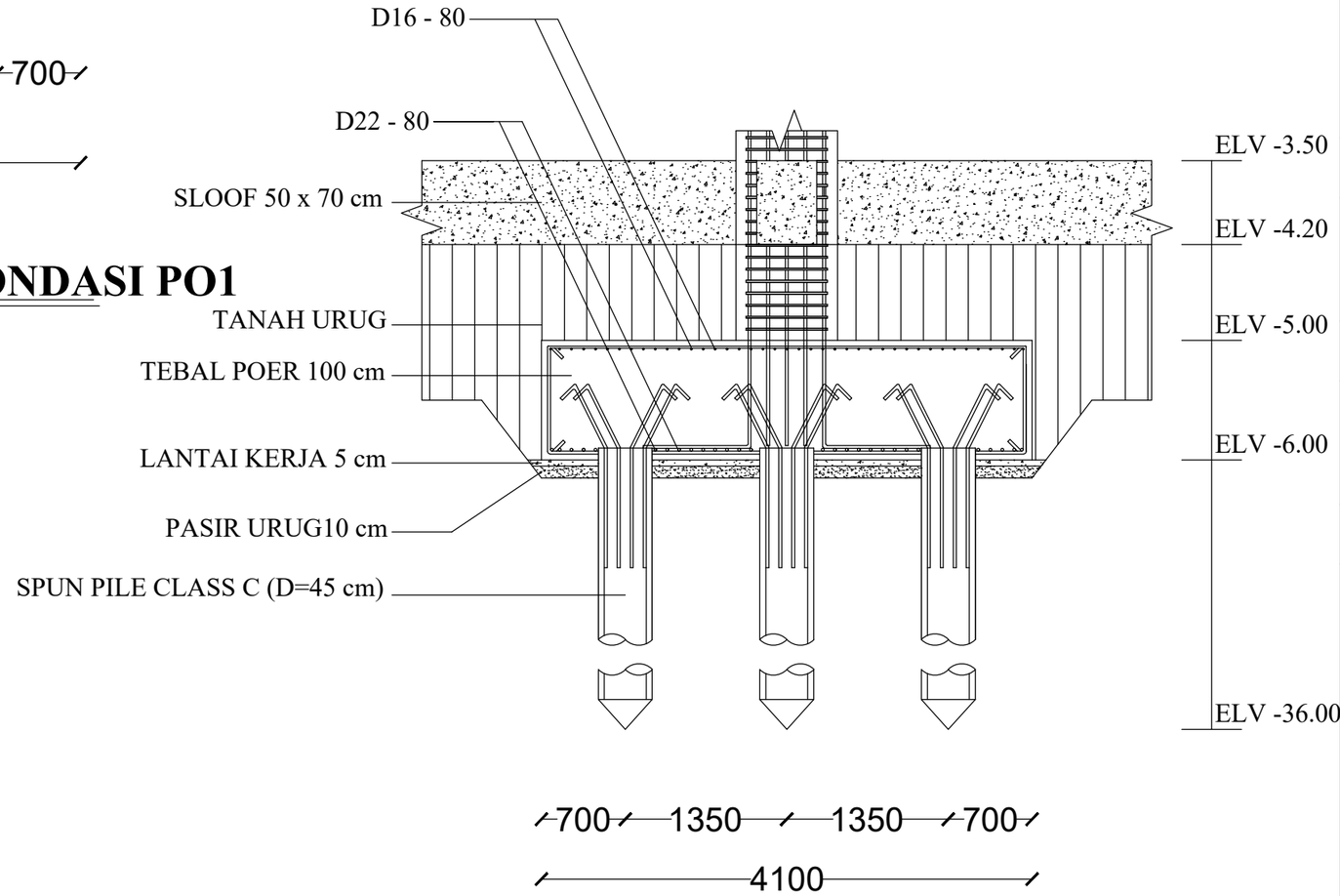
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
51	62



PENULANGAN PONDASI PO1

SKALA 1:50



POTONGAN A - A PONDASI PO1

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

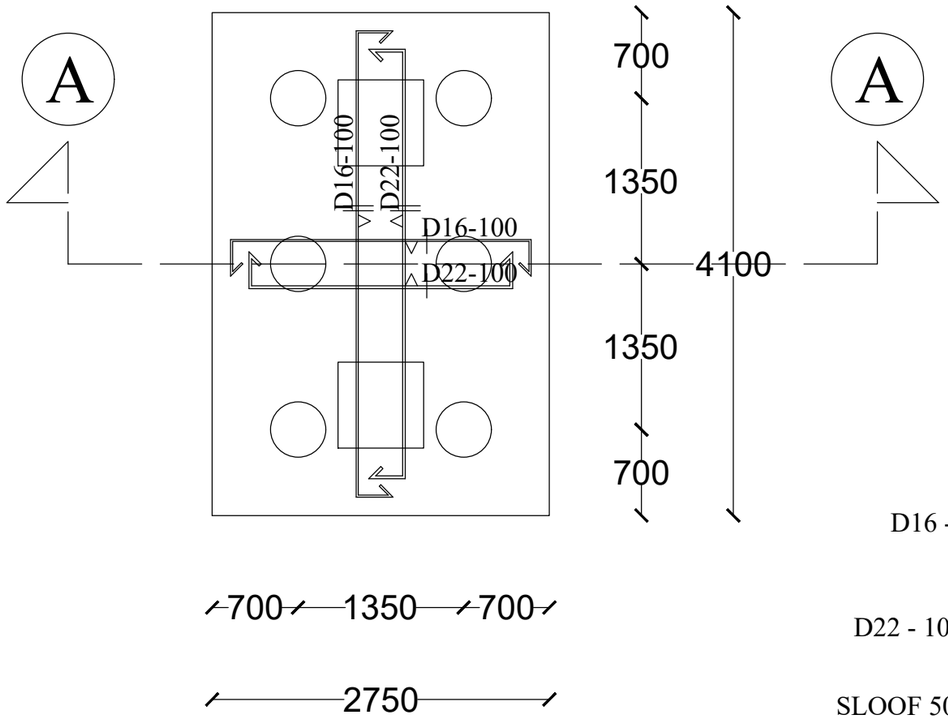
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

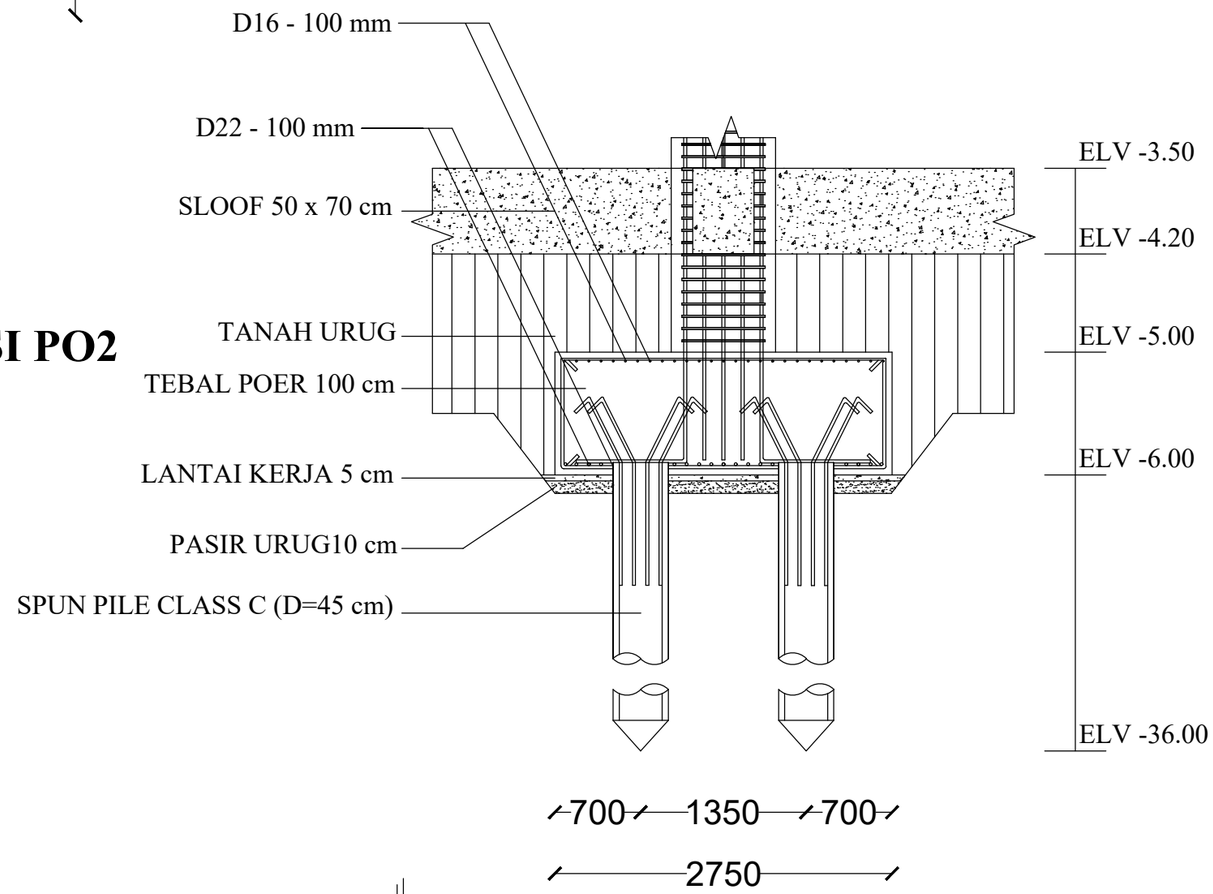
FUNGSI BANGUNAN	: RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH	: TANAH LUNAK
MUTU BETON	: 35 MPa
MUTU BAJA	: 410 MPa

NO	JUMLAH
52	62



PENULANGAN PONDASI PO2

SKALA 1:50



POTONGAN A - A PONDASI PO2

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

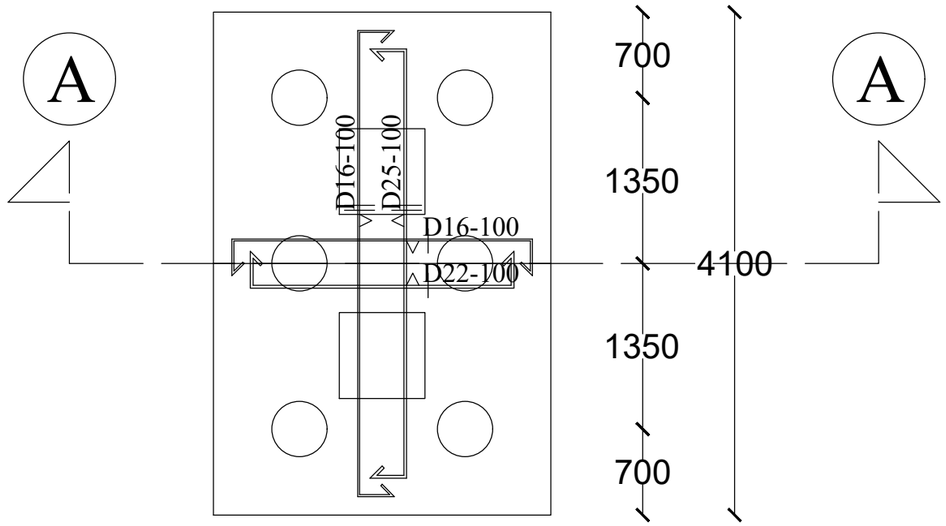
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

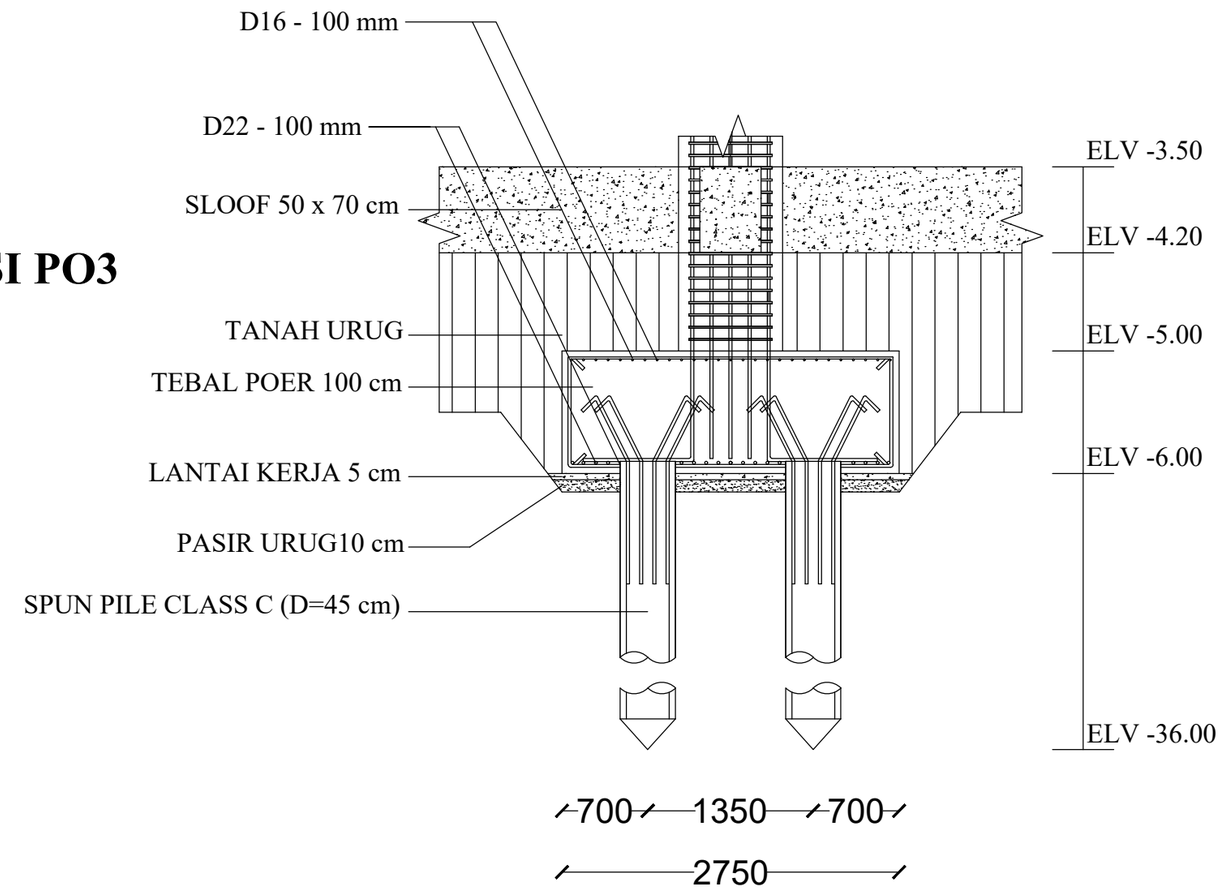
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
53	62



PENULANGAN PONDASI PO3

SKALA 1:50



POTONGAN A - A PONDASI PO3

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

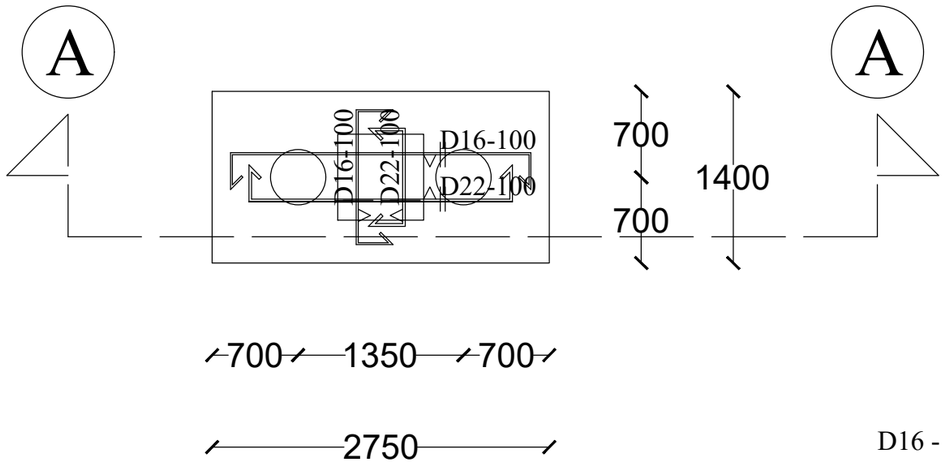
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

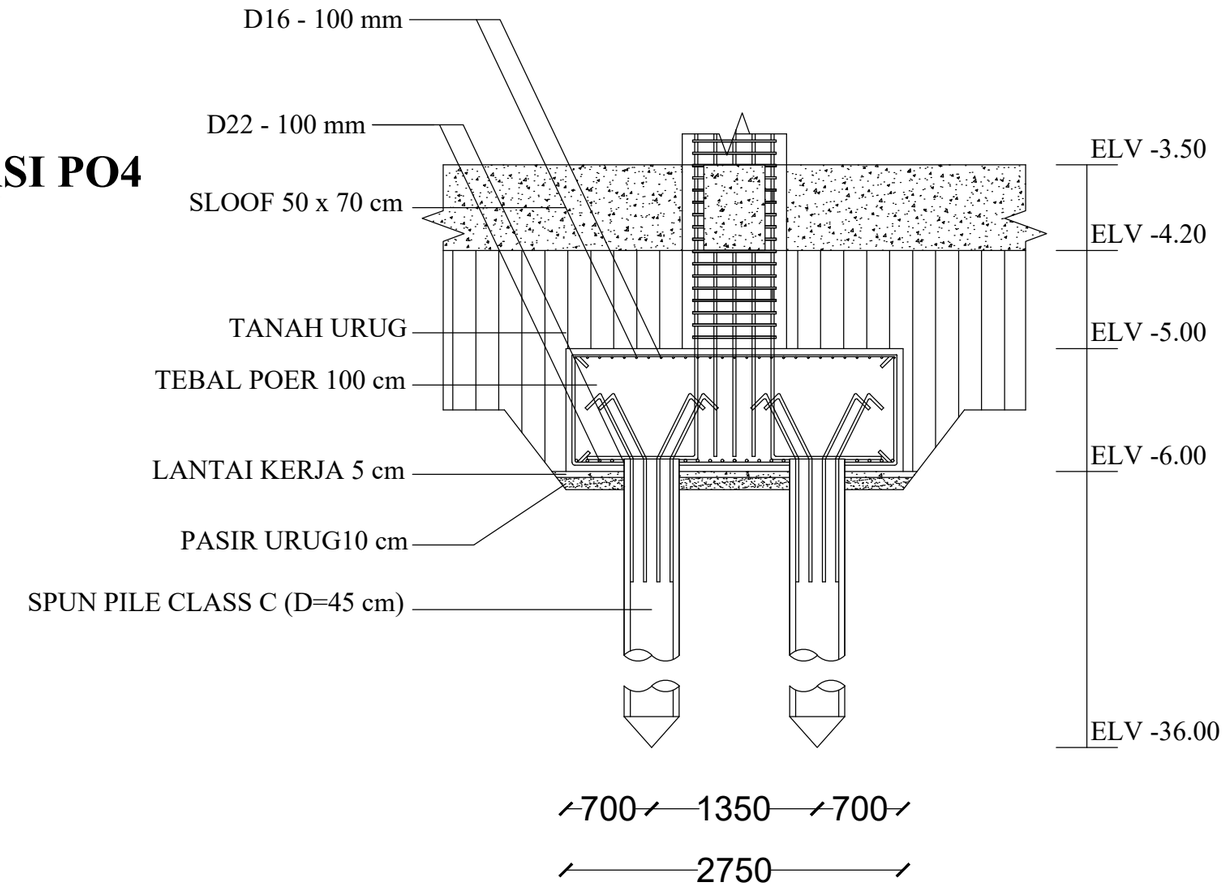
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
54	62



PENULANGAN PONDASI PO4

SKALA 1:50



POTONGAN A - A PONDASI PO4

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

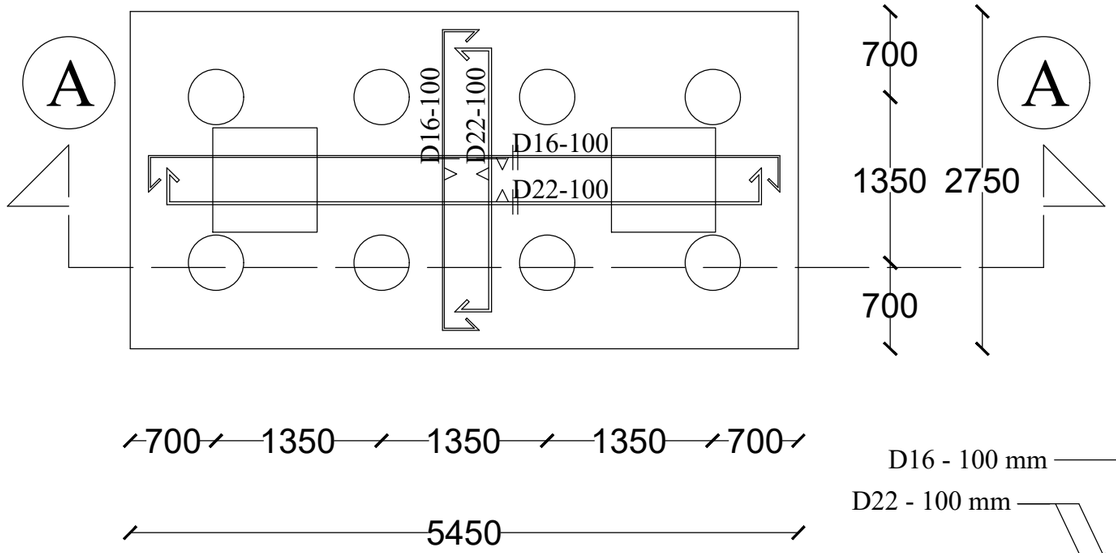
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

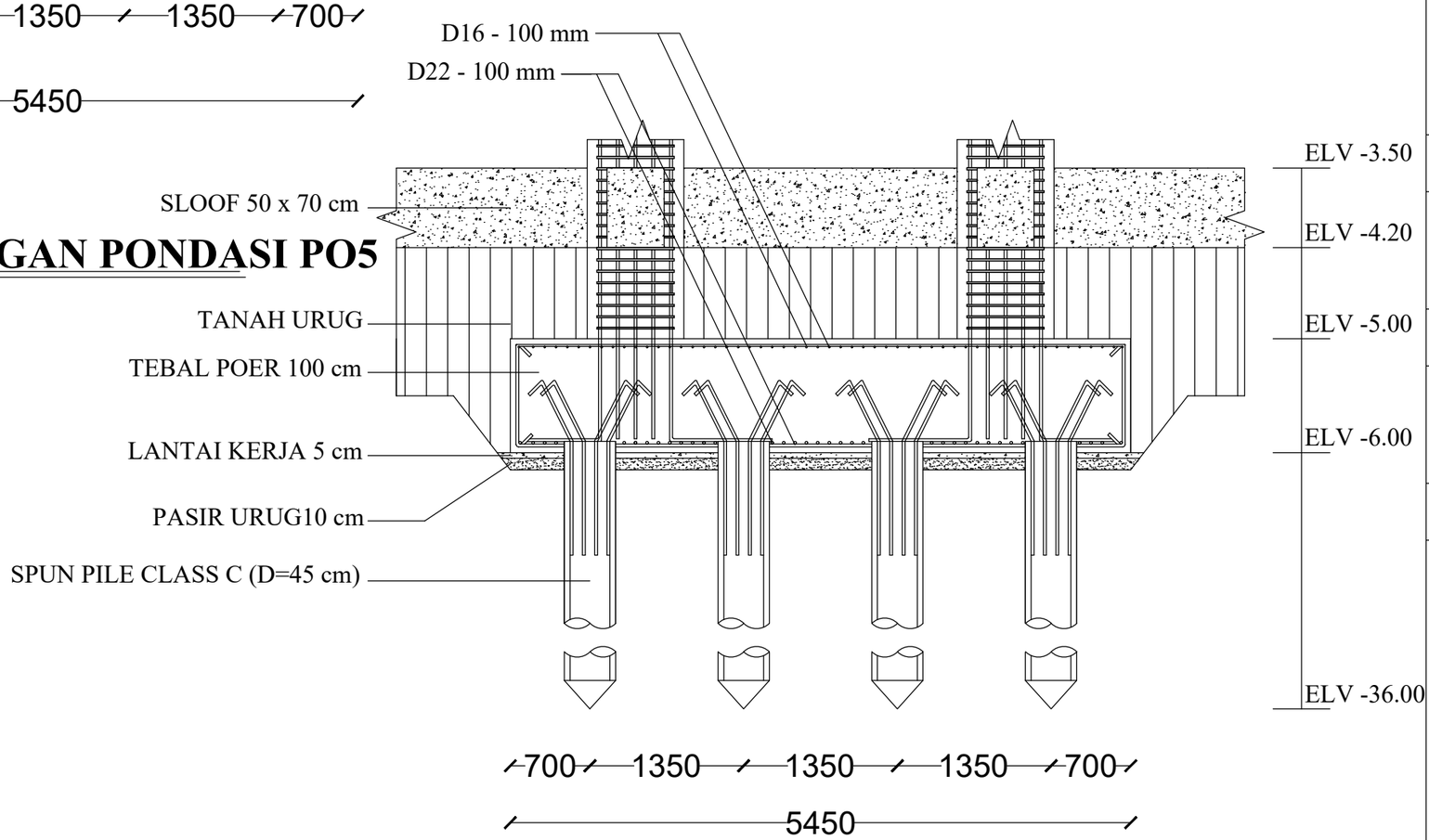
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
55	62



PENULANGAN PONDASI PO5

SKALA 1:50



POTONGAN A - A PONDASI PO5

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

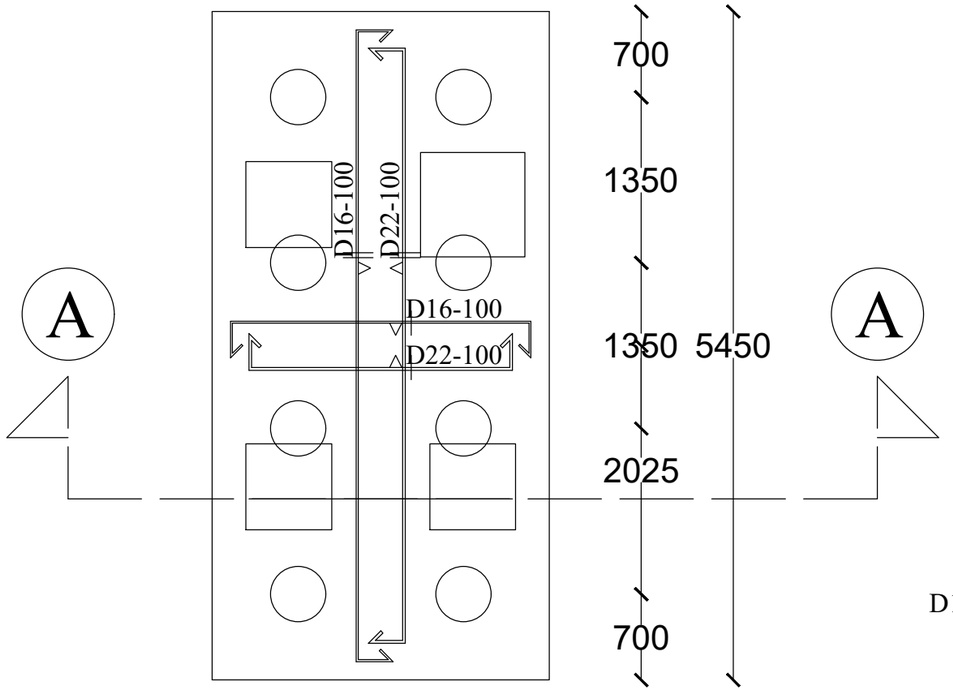
MAHASISWA

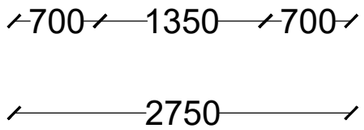
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

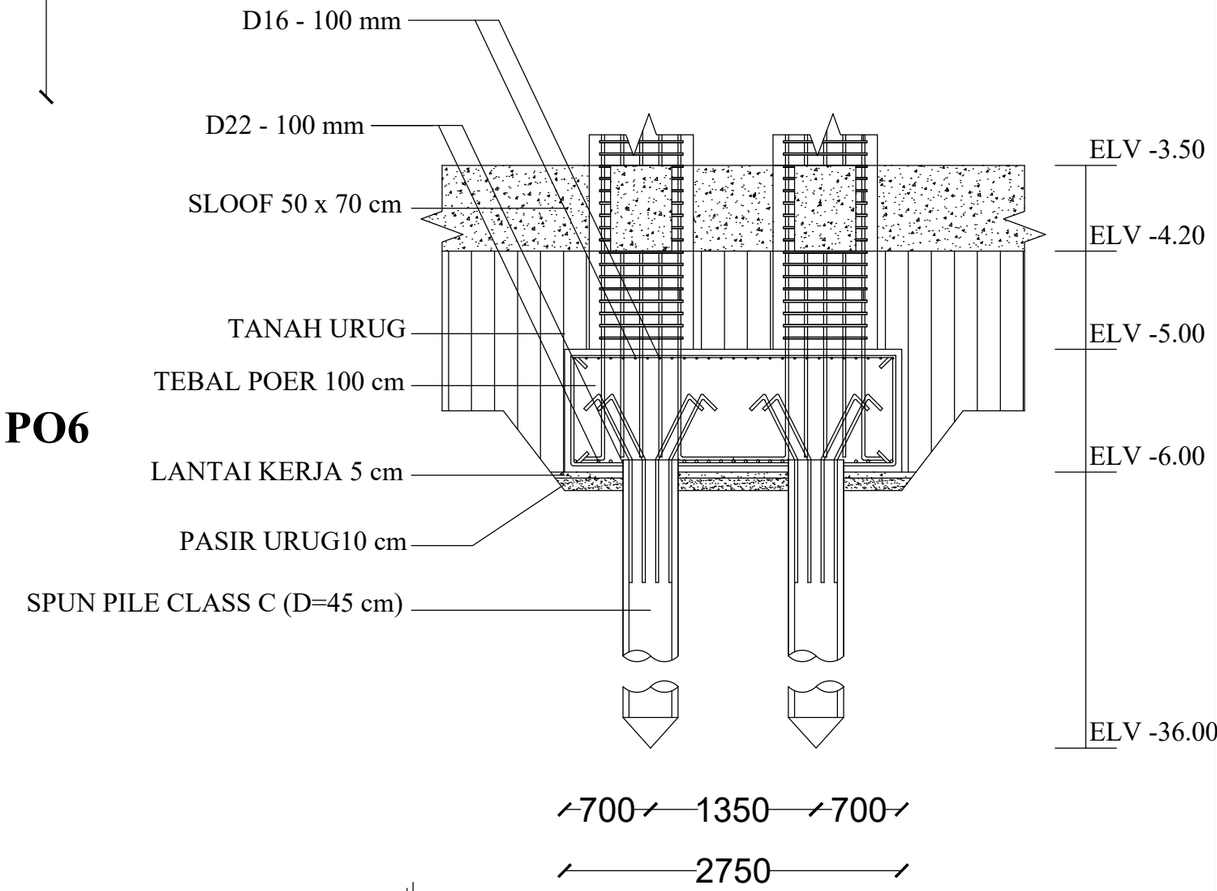
NO	JUMLAH
56	62





PENULANGAN PONDASI PO6

SKALA 1:50



POTONGAN A - A PONDASI PO6

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

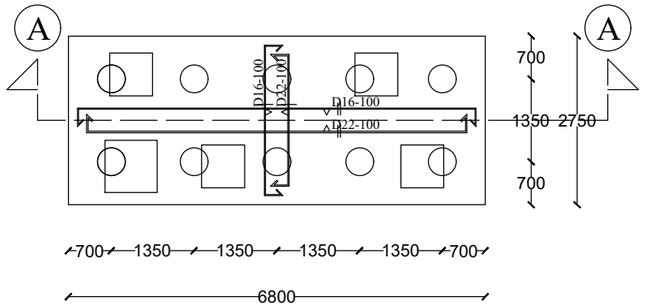
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

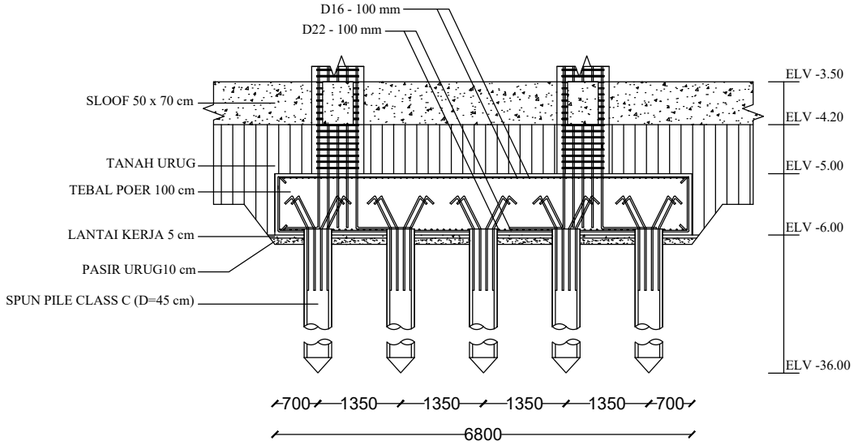
FUNGSI BANGUNAN	: RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH	: TANAH LUNAK
MUTU BETON	: 35 MPa
MUTU BAJA	: 410 MPa

NO	JUMLAH
57	62



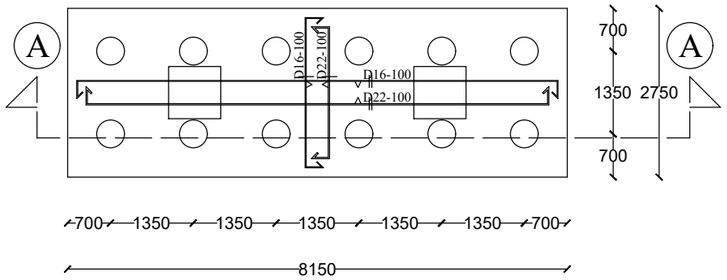
PENULANGAN PONDASI PO8

SKALA 1:100



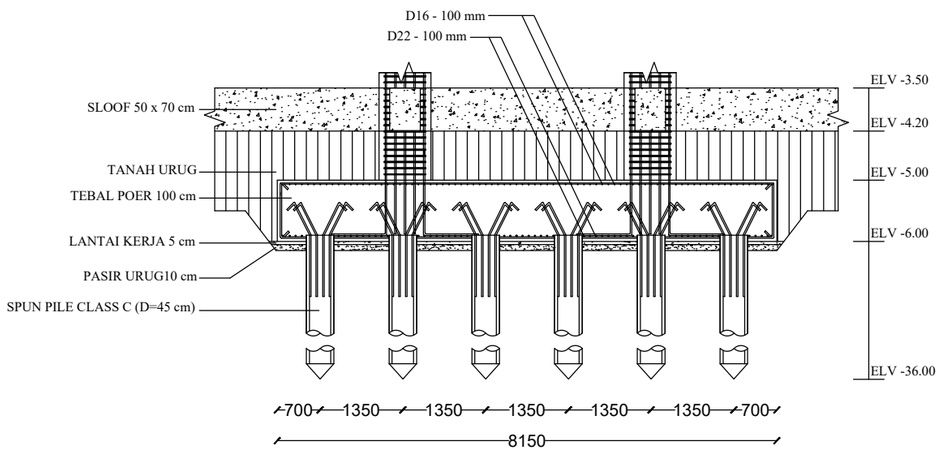
POTONGAN A - A PONDASI PO8

SKALA 1:100



PENULANGAN PONDASI PO7

SKALA 1:100



POTONGAN A - A PONDASI PO7

SKALA 1:100

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

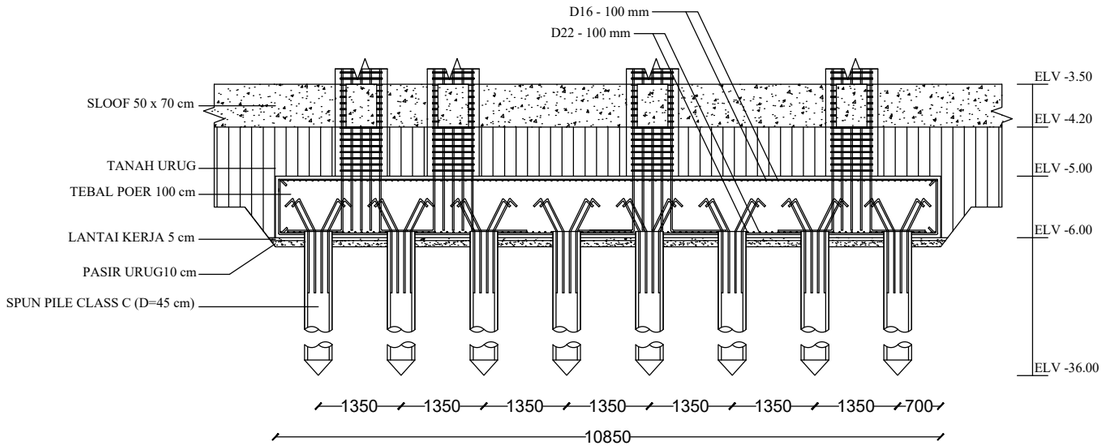
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

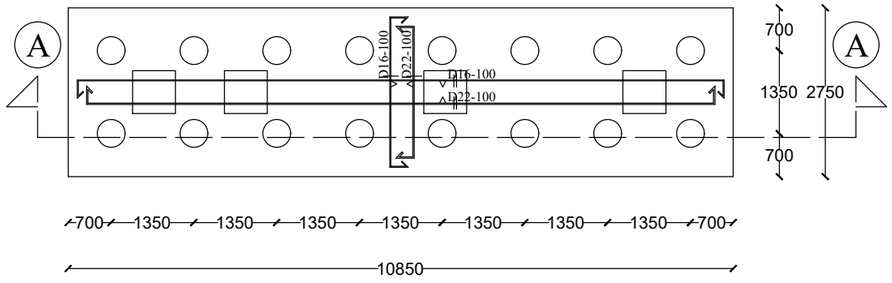
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
58	62



POTONGAN A - A PONDASI PO9

SKALA 1:100



PENULANGAN PONDASI PO9

SKALA 1:100

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

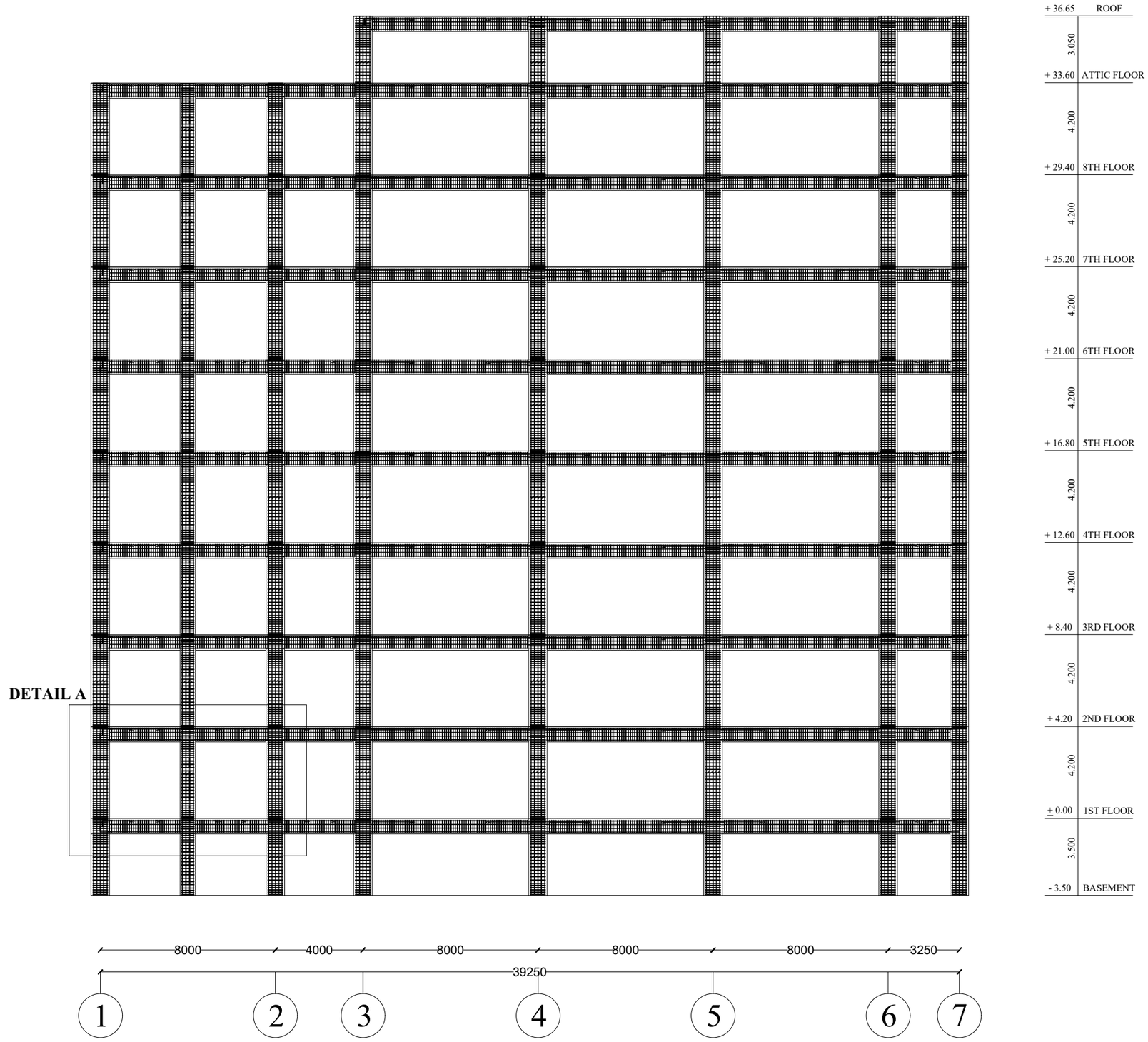
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
59	62



PENULANGAN PORTAL MEMANJANG

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

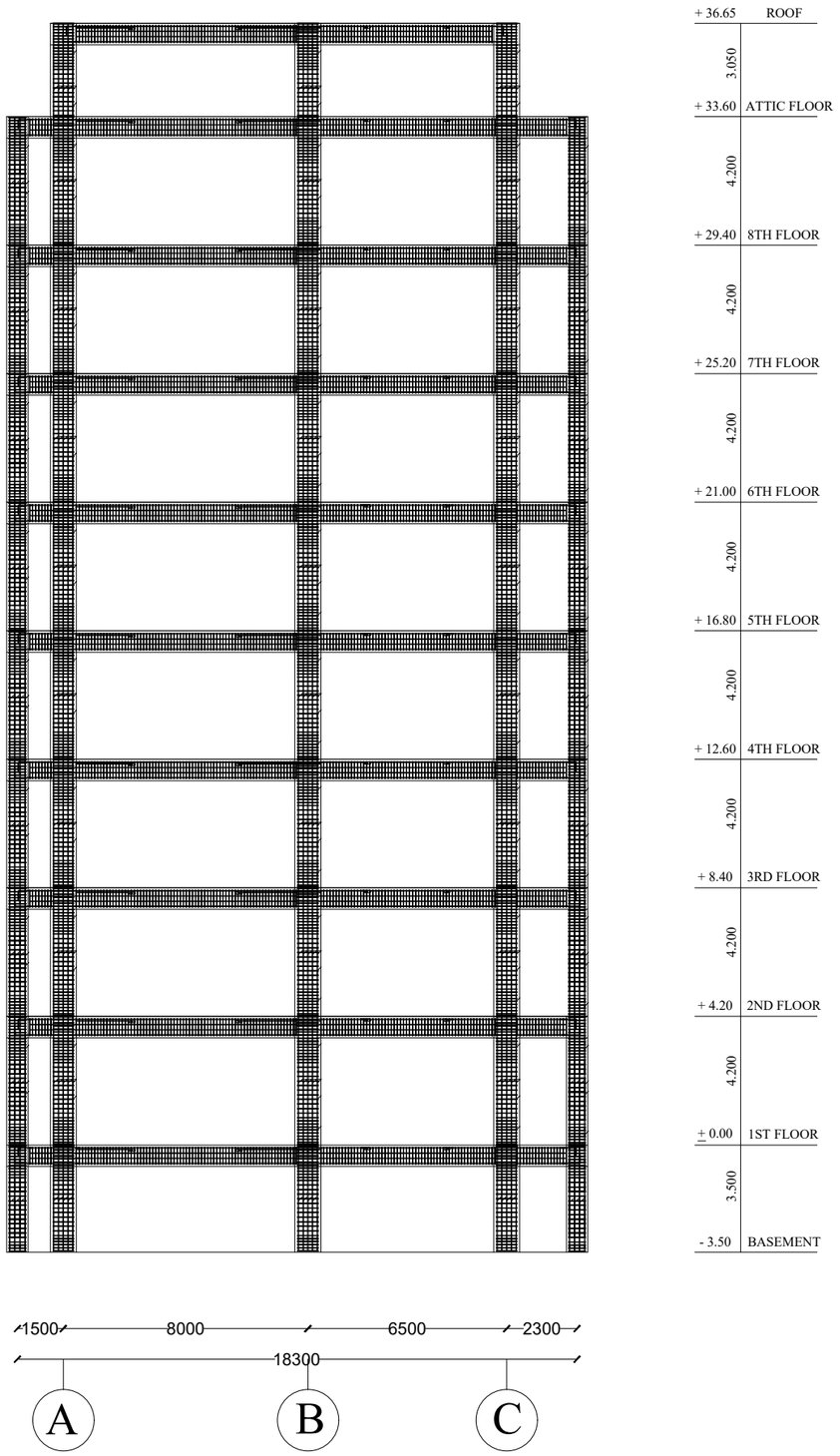
MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
60	62



PENULANGAN PORTAL MELINTANG

SKALA 1:200

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

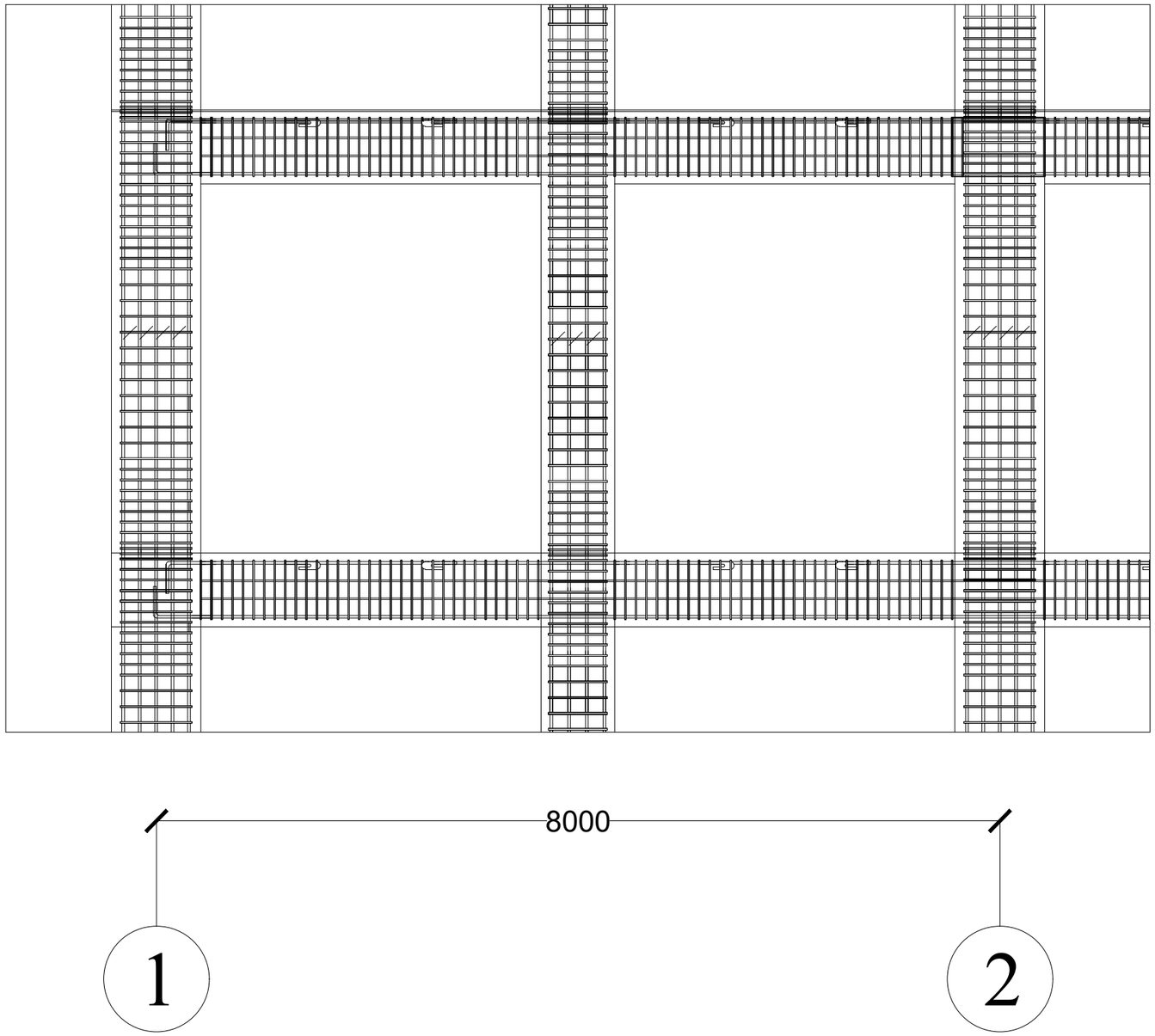
M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
61	62

DETAIL A



DETAIL A PENULANGAN PORTAL MEMANJANG

SKALA 1:50

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

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIK RUMAH SAKIT SITI KHADIJAH TAMAN SEPANJANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti., MT.
NIP 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

M. RICHZAD PRIMA S.
NRP 101 114 100000 02

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
MUTU BETON : 35 MPa
MUTU BAJA : 410 MPa

NO	JUMLAH
62	62