



TUGAS AKHIR (RC184803)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019**

NAUFAL MUHAMMAD RIZKY SULISTIO  
NRP. 0311164000012

Dosen Pembimbing I  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

Dosen Pembimbing II  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020



TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI ISWARA (TOWER C)  
DENGAN METODE BETON PRACETAK MENURUT SNI  
2847:2019**

NAUFAL MUHAMMAD RIZKY SULISTIO  
NRP. 0311164000012

Dosen Pembimbing I:  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

Dosen Pembimbing II :  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

*“Halaman ini sengaja dikosongkan.”*



FINAL THESIS

**MODIFICATION DESIGN OF TAMANSARI ISWARA  
APARTMENT BUILDING (TOWER C) USING PRECAST  
CONCRETE METHOD AS STATED IN SNI 2847:2019**

NAUFAL MUHAMMAD RIZKY SULISTIO  
NRP. 0311164000012

Academic Supervisor I  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

Academic Supervisor II  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering, Planning, and Potential  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2019



*“Halaman ini sengaja dikosongkan.”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NAUFAL MUHAMMAD RIZKY SULISTIO**  
NRP. 0311164000012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka



**SURABAYA**  
**AGUSTUS 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan.”*

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI ISWARA (TOWER C)  
DENGAN METODE BETON PRACETAK MENURUT SNI  
2847:2019**

**Nama Mahasiswa : Naufal Muhammad Rizky  
Sulistio**  
**NRP : 03111640000012**  
**Departemen : Teknik Sipil FTSPK – ITS**  
**Dosen Konsultasi : Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka**

**Abstrak**

*Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) di Bekasi merupakan sebuah gedung yang dibangun dengan menggunakan metode cor in situ. Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dalam hal ini memiliki ruang untuk dikembangkan dari sisi metode pelaksanaan konstruksinya. Atas dasar tersebut, penulis merencanakan ulang gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dengan menggunakan metode beton pracetak dengan maksud untuk menghasilkan sebuah rancangan baru yang dapat lebih cepat dan efisien dilaksanakan tanpa mengurangi mutu dari rancangan aslinya.*

*Dalam perencanaan ulang gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C), penulis mengubah jumlah lantai menjadi 20 lantai dan denah daripada Tower C akan dipisah dengan tower yang lain. Namun, sistem gedung yang digunakan tetap sama, yaitu sistem struktur ganda dengan rangka pemikul momen disertai dengan dinding geser beton bertulang khusus.*

*Perencanaan elemen beton pracetak pada tugas akhir ini akan mengacu pada beberapa pedoman perencanaan seperti SNI 2847:2019, ACI 318M-14, PCI Handbook, dan lainnya. Elemen beton pracetak akan digunakan pada elemen struktur pelat, balok, dan kolom dengan sambungan dari Peikko Group Modix Rebar*

*Coupler dan NMB Splice Sleeve. Untuk analisa struktur dan desain bangunan, penulis menggunakan ETABS 18 dan SpColumn sebagai program bantu.*

***Kata Kunci: Modifikasi Desain, Beton Pracetak, Shear Wall, SRPMK, Sistem Ganda, ETABS, Splice Sleeve, Rebar Couplers***

# **MODIFICATION DESIGN OF TAMANSARI ISWARA APARTMENT BUILDING (TOWER C) USING PRECAST CONCRETE METHOD AS STATED IN SNI 2847:2019**

**Student Name** : Naufal Muhammad Rizky  
Sulistio  
**Student ID** : 03111640000012  
**Departement** : Teknik Sipil FTSPK – ITS  
**Supervisor** : Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

## **Abstract**

*Tamansari Iswara Apartment (Tower C) is a multiple story building that was built in Bekasi with the conventional concrete method. The design of Tamansari Iswara has a room of improvement in terms of its construction method. The conventional concrete in Tamansari Iswara can be modified to a precast concrete method to create a time efficient design. With such premises, this final project will modify the design of Tamansari Iswara to a precast concrete without reducing any quality of its original raw design.*

*Tamansari Iswara Apartment (Tower C) will be modified to only have 20 floor levels with 2 basement and the layout of the building will be dilated from it connecting building. The building will be using the same dual system, which are the special moment resisting frame with a concrete shear wall.*

*The modification design will refer to SNI 2847:2019, ACI 318M-14, PCI Handbook, and other corelating literature and codes. The modification with precast concrete will be specifically applied to the slab, beam, and columns with element connectors from Peikko Group Modix Rebar Coupler and NMB Splice Sleeve. In order to get the structural analysis and design of the building, ETABS 18 and SpColumn will be used.*

***Keywords: Design Modification, Precast Concrete, Shear Wall, SMRF, Dual System, ETABS, Splice Sleeve, Rebar Couplers***

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas berkat rahmat, kasih, dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dengan Metode Beton Pracetak menurut SNI 2847:2019*” dengan baik dan tepat waktu.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih belum sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran agar tersempurnakannya Tugas Akhir ini.

Pada kata pengantar ini, penulis hendak mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Ucapan ini dikhususkan kepada:

1. Orang tua, adik-adik, serta keluarga yang telah memberikan semangat selama menjalani pendidikan di Teknik Sipil ITS.
2. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ajeng Larasati, Beryl Visa Ariza, Muhammad Ali Azmi, dan Savira Sanya Kirana Aswanda yang selalu memberikan pembelajaran berharga dibalik setiap canda tawa.
5. Sahabat perjuangan *Bujang Lokal* dan *Arcana* yang selalu memberikan angin segar di antara jerih payah.
6. Rekan-rekan HMS Cakrawala dan Simetri Asimetri yang telah bersama-sama bekerja keras dan memberikan banyak pembelajaran.
7. Kawan-kawan S-59 yang telah memberikan perhatian dan kesegaran tiada henti.



Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis, dan seluruh pihak yang terkait.

Bekasi, 2 Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error!	Bookmark	not defined.
ABSTRAK .....	vii		
ABSTRACT .....	ix		
KATA PENGANTAR.....	xi		
DAFTAR ISI.....	xiii		
DAFTAR GAMBAR .....	xix		
DAFTAR TABEL .....	xxiii		
BAB I PENDAHULUAN .....	1		
1.1 Latar Belakang .....	1		
1.2 Perumusan Masalah.....	2		
1.2.1 Masalah Utama.....	2		
1.2.2 Detail Masalah .....	3		
1.3 Tujuan .....	3		
1.3.1 Tujuan Utama.....	3		
1.3.1 Tujuan Detail.....	4		
1.4 Batasan Masalah.....	4		
1.5 Manfaat .....	5		
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6		
2.1. Umum .....	6		
2.2. Beton Pracetak .....	6		
2.3 Sistem Struktur Gedung .....	7		
2.4 Elemen Struktur Beton Pracetak .....	10		
2.4.1 Pelat Pratekan.....	10		
2.4.2 Balok Pracetak .....	11		
2.4.3 Kolom Pracetak .....	13		
2.5 Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ).....	14		
2.6 Sambungan Beton Pracetak.....	15		
2.6.1 Sambungan Basah dengan Cor.....	15		
2.6.2 Sambungan Kering dengan Las.....	16		
2.6.3 Sambungan Kering dengan Baut... ..	17		
2.7 Pengangkatan Elemen Beton Pracetak .....	18		

2.7.1 Pengangkatan Pelat Pracetak.....	18
2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak.....	19
2.7.3 Pengangkatan Kolom Pracetak.....	20
2.8 Metode Ereksi Beton Pracetak .....	20
2.9 Dinding Basement.....	22
2.9.1 Sheet Pile Wall.....	22
2.9.2 Soldier Pile Wall .....	22
2.9.3 Contiguous Bored Pile Wall.....	23
2.9.4 Secant Pile Wall .....	23
2.9.5 Diaphragm Wall.....	24
2.10 Pondasi.....	24
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>30</b>
3.1 Umum.....	30
3.2 Bagan Alir Perencanaan .....	30
3.3 Pengumpulan Data .....	31
3.3.1 Data Awal.....	31
3.3.2 Data Modifikasi.....	31
3.3.3 Studi Literatur .....	32
3.4 Metode Pelaksanaan.....	33
3.4.1 Sistem Struktur.....	33
3.4.2 Transportasi Elemen Pracetak.....	33
3.4.3 Metode <i>Erection</i> .....	33
3.4.4 Pengangkatan Elemen Pracetak ....	34
3.5 Preliminary Design .....	34
3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat .....	34
3.5.2 Perencanaan Dimensi Balok.....	36
3.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom.....	37
3.5.4 Perencanaan Dimensi Dinding Geser .....	37
3.6 Perencanaan Struktur Sekunder .....	37
3.6.1 Perencanaan Pelat.....	37
3.6.2 Perencanaan Balok Anak .....	41
3.6.3 Perencanaan Tangga.....	42
3.6.4 Perencanaan Lift.....	42

3.7	Pembebanan .....	43
3.7.1	Beban Statis.....	43
3.7.2	Beban Dinamis .....	45
3.7.3	Kombinasi Pembebanan.....	55
3.8	Permodelan Struktur.....	56
3.8.1	Penggunaan Analisa Struktur .....	56
3.8.1	Perhitungan Gaya Dalam .....	56
3.8.2	Kontrol Permodelan Struktur .....	56
3.9	Perencanaan Struktur Primer.....	61
3.9.1	Penulangan Balok.....	61
3.9.2	Penulangan Kolom .....	67
3.9.3	Penulangan Dinding Geser.....	68
3.10	Perencanaan Sambungan .....	71
3.10.1	Sambungan <i>Base Plate</i> – Kolom / Kolom – Kolom.....	72
3.10.2	Sambungan Balok – Kolom .....	73
3.10.3	Sambungan Balok Induk – Balok Anak	74
3.10.4	Sambungan Balok – Pelat .....	75
3.11	Perencanaan <i>Basement</i> .....	75
3.12	Perencanaan Struktur .....	76
3.12.1	Daya Dukung Tiang Pancang Vertikal.....	77
3.12.2	Perhitungan Jumlah Tiang Pancang .....	77
3.13	Gambar Teknik .....	79
BAB IV PEMBAHASAN .....		80
4.1	Metode Pelaksanaan.....	80
4.1.1	Proses Produksi Elemen Pracetak .	80
4.1.2	Transportasi Elemen Pracetak .....	82
4.1.3	Pengangkatan Elemen Pracetak ....	82
4.1.4	Metode <i>Erection</i> .....	82
4.1.5	Penyambungan Elemen Pracetak ..	84
4.2	Preliminary Design.....	87

4.2.1 Umum.....	87
4.2.2 Preliminary Design Balok Anak ...	87
4.2.3 Preliminary Design Balok Induk...	88
4.2.4 Preliminary Design Pelat.....	89
4.2.5 Preliminary Design Kolom.....	94
4.2.6 <i>Preliminary Design</i> Dinding Geser dan Dinding Basement .....	104
4.3 Perencanaan Struktur Sekunder .....	104
4.3.1 Umum.....	104
4.3.2 Perencanaan Tangga.....	105
4.3.3 Perencanaan Pelat.....	119
4.3.4 Perencanaan Pelat Basement 2 ....	140
4.3.5 Perencanaan Balok Anak .....	148
4.3.6 Perencanaan Lift.....	172
4.4 Permodelan Struktur.....	175
4.4.1 Umum.....	175
4.4.2 Data Perencanaan .....	176
4.4.3 Pembebanan Gempa Dinamis .....	184
4.4.4 Gaya Dalam Hasil Permodelan ...	204
4.5 Struktur Primer.....	213
4.5.1 Umum.....	213
4.5.2 Perencanaan Balok Induk.....	213
4.5.3 Perencanaan Kolom .....	244
4.5.4 Perencanaan <i>Shear Wall</i> .....	256
4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak .	262
4.6.1 Umum.....	262
4.6.2 Perencanaan Konsol Pendek Elemen Pracetak .....	262
4.6.3 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk.....	267
4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom.....	271
4.6.5 Perencanaan Sambungan Balok – Pelat .....	276

4.6.6 Perencanaan Sambungan Kolom - Kolom.....	278
4.7 Perencanaan Struktur Bawah .....	279
4.7.1 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang .....	279
4.7.2 Perencanaan Poer .....	307
4.7.3 Perencanaan Dinding Penahan Tanah .....	319
4.7.4 Perencanaan Sloof .....	327
4.7.5 Penulangan Tusuk Konde.....	330
BAB V PENUTUP.....	333
5.1 Ringkasan Hasil Desain .....	333
5.2 Saran.....	336
DAFTAR PUSTAKA .....	337
LAMPIRAN.....	340

*“Halaman ini sengaja dikosongkan.”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak Kiri dan Depan Gedung Apartemen Tamansari Iswara Tower C .....	2
Gambar 2.1 SRPM, SDS, dan Sistem Ganda .....	8
Gambar 2.2 Solid Core Slab .....	10
Gambar 2.3 Hollow Core Slab .....	11
Gambar 2.4 Double Tee Slab .....	11
Gambar 2.5 Rectangular Beam .....	12
Gambar 2.6 L-Shaped Beam .....	12
Gambar 2.7 Inverted Tee Beam .....	13
Gambar 2.8 Single Storey dan Multi Storey Column (SCIB Precast Column) .....	14
Gambar 2.9 Sambungan Cor pada Balok dan Kolom Pracetak .....	16
Gambar 2.10 Sambungan Las pada Balok dan Kolom Pracetak .....	17
Gambar 2.11 Sambungan Baut pada Balok dan Kolom Pracetak .....	18
Gambar 2.12 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak ..	19
Gambar 2.13 Delapan Titik Angkat pada Pelat Pracetak .	19
Gambar 2.14 Pengangkatan Kolom Pracetak .....	20
Gambar 2.15 Metode Ereksi Vertikal .....	21
Gambar 2.16 Metode Ereksi Horizontal .....	21
Gambar 2.17 Sheet Pile Wall .....	22
Gambar 2.18 Soldier Pile Wall .....	23
Gambar 2.19 Contiguous Bored Pile Wall .....	23
Gambar 2.20 Secant Pile Wall .....	24
Gambar 2.21 Diaphragm Wall .....	24
Gambar 2.22 <i>Wall footing</i> .....	25
Gambar 2.23 <i>Single column footing</i> .....	26
Gambar 2.24 <i>Combined footing</i> .....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	30



Gambar 3.2 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)	40
Gambar 3.3 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat)	41
Gambar 3.4 Spektrum Respons Desain	52
Gambar 3.5 Penentuan Simpangan Antar Lantai	60
Gambar 3.6 Model Pembebanan Saat Pengangkatan Balok Pracetak	65
Gambar 3.7 Momen Balok Pracetak Saat Pengangkatan	66
Gambar 3.8 Pemasangan Sambungan Kolom	73
Gambar 3.9 Detail Penulangan Balok – Kolom	74
Gambar 3.10 Parameter Geometri Konsol Pendek	74
Gambar 4.1 Ilustrasi Half Slab Precast	80
Gambar 4.2 Ilustrasi Sambungan pada Elemen Balok Pracetak	81
Gambar 4.3 Ilustrasi Sambungan pada Elemen Kolom Pracetak	81
Gambar 4.4 Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pracetak menggunakan Jangka Lifting	82
Gambar 4.5 Ilustrasi Metode Horizontal (Tahap Persiapan)	83
Gambar 4.6 Ilustrasi Metode Horizontal (Kolom Pracetak Terpasang)	83
Gambar 4.7 Ilustrasi Metode Horizontal (Balok Pracetak Terpasang)	84
Gambar 4.8 Ilustrasi Metode Horizontal (Pelat Pracetak Terpasang)	84
Gambar 4.9 Pemasangan Sambungan Balok (1)	85
Gambar 4.10 Pemasangan Sambungan Balok (2)	85
Gambar 4.11 Pemasangan Sambungan Balok (3)	86
Gambar 4.12 Pemasangan Sambungan Balok (4)	86
Gambar 4.13 Denah Balok Induk dan Balok Anak	89
Gambar 4.14 Denah Pelat	90
Gambar 4.15 Denah Pelat Basement 2	90

Gambar 4.16 Area Pembebanan Kolom.....	95
Gambar 4.17 Denah Tangga 3.1 m.....	107
Gambar 4.18 Potongan Tangga 3.1 m.....	107
Gambar 4.19 Denah Tangga 5 m .....	108
Gambar 4.20 Potongan Tangga 5 m.....	108
Gambar 4.21 Pembebanan Tangga 3.1 m.....	110
Gambar 4.22 Gaya Dalam Tangga 3.1 m.....	113
Gambar 4.23 Denah Pelat.....	121
Gambar 4.24 Momen Pengangkatan 4 Titik .....	125
Gambar 4.25 Momen Pengangkatan 4 Titik .....	126
Gambar 4.26 Penampang Half Slab .....	128
Gambar 4.27 Penampang Full Slab.....	130
Gambar 4.28 Penampang Half Slab .....	133
Gambar 4.29 Denah Pelat Basement.....	141
Gambar 4.30 Denah Balok Anak .....	150
Gambar 4.31 Titik Angkat Balok Anak .....	153
Gambar 4.32 Ilustrasi <i>Half Beam</i> dan <i>Full Beam</i> .....	154
Gambar 4.33 Potongan Ruang Lift.....	174
Gambar 4.34 Denah Ruang Lift .....	175
Gambar 4.35 Permodelan Gedung pada ETABS .....	176
Gambar 4.36 Permodelan Denah pada ETABS .....	176
Gambar 4.37. Grafik Respons Spektrum Desain .....	187
Gambar 4.38 Simpangan per Lantai.....	200
Gambar 4.39 Simpangan Bangunan.....	201
Gambar 4.40 Denah Perencanaan BI 1 .....	214
Gambar 4.41 Ilustrasi Pembebanan BI 1.....	215
Gambar 4.42 Ilustrasi <i>Half Beam</i> dan <i>Full Beam</i> .....	216
Gambar 4.43 Titik Angkat Balok Induk.....	240
Gambar 4.44 Denah Perencanaan Kolom .....	245
Gambar 4.45 Penampang Kolom .....	246
Gambar 4.46 Diagram Interaksi Biaxial Kolom .....	247
Gambar 4.47 Denah Shear Wall.....	257
Gambar 4.48 Diagram Interaksi Biaxial Shear Wall.....	261
Gambar 4.49 Denah Pondasi.....	279

Gambar 4.50 Daya Dukung Tiang Pancang .....	288
Gambar 4.51 Konfigurasi Poer Tipe 1 dan Tipe 2 .....	289
Gambar 4.52 Konfigurasi Poer Tipe 3 .....	290
Gambar 4.53 Konfigurasi Poer Tipe 4 .....	290
Gambar 4.54 Konfigurasi Poer Tipe 5 .....	291
Gambar 4.55 Grafik Immediate Settlement of Isolate Footing .....	301
Gambar 4.56 Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile.....	302
Gambar 4.57 Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile.....	303
Gambar 4.58 Area Kritis Geser Satu Arah Pondasi Tipe 1 .....	309
Gambar 4.59 Area Kritis Geser Pons Dua Arah akibat Kolom Pondasi Tipe 1.....	309
Gambar 4.60 Area Kritis Geser Pons Dua Arah akibat Pancang Pondasi Tipe 1 .....	311
Gambar 4.61 Input Beban ETABS Pondasi Tipe 1.....	312
Gambar 4.62 Dimensi Pondasi Tipe 1.....	313
Gambar 4.63 Denah Dinding Basement.....	320
Gambar 4.64 Hasil Permodelan M11 Dinding Basement .....	321
Gambar 4.65 Hasil Permodelan M22 Dinding Basement .....	322
Gambar 4.66 Diagram Interaksi Sloof .....	329

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tinggi Minimum Pelat Non Prategang Satu Arah .....	34
Tabel 3.2 Tinggi Minimum Balok.....	36
Tabel 3.3 Jenis dan Besar Beban Mati .....	43
Tabel 3.4 Jenis Beban dan Besar Beban Hidup.....	44
Tabel 3.5 Kategori Resiko Gedung Apartemen .....	46
Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gempa.....	49
Tabel 3.7 Kelas Situs.....	49
Tabel 3.8 Koefisien Sistus $F_a$ .....	51
Tabel 3.9 Koefisien Sistus $F_v$ .....	51
Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek .....	52
Tabel 3.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek .....	53
Tabel 3.12 Faktor R, Cd, dan $\Omega_0$ Sistem Penahan Gaya Gempa .....	53
Tabel 3.13 Koefisien $C_u$ .....	57
Tabel 3.14 Koefisien $C_t$ dan $\alpha$ .....	58
Tabel 3.15 Simpangan Ijin Struktur .....	59
Tabel 3.16 Nilai $\beta_1$ .....	61
Tabel 3.17 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis.....	67
Tabel 3.18 Penulangan Minimum untk Dinding Dalam Bidang $V_u \leq 0,5 \phi V_c$ .....	70
Tabel 3.19 Nilai $V_c$ untuk <i>Two-Way Shear</i> .....	78
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak	87
Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk .....	88
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Pelat .....	94
Tabel 4.4 Rekapitulasi Pembebanan Kolom .....	96
Tabel 4.5 Rekapitulasi Dimensi Kolom .....	103
Tabel 4.6 Rekapitulasi Penulangan Tangga .....	119

Tabel 4.7 Rekapitulasi Segmen Pelat .....	122
Tabel 4.8 Rekapitulasi Momen pada Pelat .....	127
Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Lantai, dan Basement 1 .....	138
Tabel 4.10 Rekapitulasi Momen pada Pelat Basement ..	142
Tabel 4.11 Rekapitulasi Penulangan pada Pelat Basement .....	148
Tabel 4.12 Rekapitulasi Momen pada Balok Anak .....	154
Tabel 4.13 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak .....	171
Tabel 4.14 Rekapitulasi Pembebanan .....	177
Tabel 4.15 Hasil Pembebanan ETABS .....	184
Tabel 4.16 Rekapitulasi Perbandingan Pembebanan.....	184
Tabel 4.17 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respons Spektrum.....	186
Tabel 4.18 Periode Fundamental ETABS .....	189
Tabel 4.19 Berat Seismik Per Lantai.....	190
Tabel 4.20 Gaya Geser Dinamik .....	191
Tabel 4.21 Rekapitulasi Gaya Geser Statik (V) dan Dinamik (Vi) .....	192
Tabel 4.22 Gaya Geser Dinamik Baru .....	193
Tabel 4.23 Rekapitulasi Gaya Geser Statik (V) dan Dinamik (Vi) Terskala .....	193
Tabel 4.24 Kontrol Sistem Ganda .....	194
Tabel 4.25 Modal Participating Mass Ratios .....	194
Tabel 4.26 Story Max Over Average Drift.....	195
Tabel 4.27 Story Max Over Average Drift.....	196
Tabel 4.28 Rekapitulasi Simpangan Ijin X .....	197
Tabel 4.29 Rekapitulasi Simpangan Ijin Y .....	198
Tabel 4.30 Kontrol Pengaruh P-Delta Arah X .....	202
Tabel 4.31 Kontrol Pengaruh P-Delta Arah Y .....	203
Tabel 4.32 Rekapitulasi Gaya Dalam Balok .....	205
Tabel 4.33 Rekapitulasi Gaya Dalam Kolom.....	206
Tabel 4.34 Rekapitulasi Gaya Dalam Shear Wall .....	211
Tabel 4.35 Bentang dan Dimensi Balok.....	213

Tabel 4.36 Rekapitulasi $M_{pr}$ Balok.....	227
Tabel 4.37 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk .....	243
Tabel 4.38 Tinggi dan Dimensi Kolom.....	245
Tabel 4.39 Rekapitulasi Tulangan Kolom.....	255
Tabel 4.40 Rekapitulasi Penulangan Konsol Pendek .....	266
Tabel 4.41 Rekapitulasi <i>Single Sided Connection</i> Balok Anak – Balok Induk .....	270
Tabel 4.42 Rekapitulasi <i>Double Sided Connection</i> Balok Anak – Balok Induk .....	271
Tabel 4.43 Rekapitulasi <i>Single Sided Connection</i> Balok – Kolom.....	273
Tabel 4.44 Rekapitulasi <i>Double Sided Connection</i> Balok – Kolom.....	274
Tabel 4.45 Pembebanan Pondasi Tipe 1 .....	280
Tabel 4.46 Pembebanan Pondasi Tipe 2 .....	281
Tabel 4.47 Pembebanan Pondasi Tipe 3 .....	281
Tabel 4.48 Pembebanan Pondasi Tipe 4 .....	282
Tabel 4.49 Pembebanan Pondasi Tipe 5 .....	283
Tabel 4.50 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah 30 meter .....	286
Tabel 4.51 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 1 .....	292
Tabel 4.52 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 2 .....	293
Tabel 4.53 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 3 .....	294
Tabel 4.54 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 4 .....	294
Tabel 4.55 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 5 .....	295
Tabel 4.56 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 1 ..	296
Tabel 4.57 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 2 ..	297
Tabel 4.58 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 3 ..	298
Tabel 4.59 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 4 ..	299
Tabel 4.60 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 5 ..	299
Tabel 4.61 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 1 .....	303
Tabel 4.62 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 2.....	304
Tabel 4.63 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 3.....	305
Tabel 4.64 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 4.....	306

Tabel 4.65 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 5.....	306
Tabel 4.66 Rekapitulasi Tulangan Poer .....	319
Tabel 5.1 Rekapitulasi Dimensi Struktur Sekunder .....	333
Tabel 5.2 Rekapitulasi Dimensi Struktur Primer .....	334

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

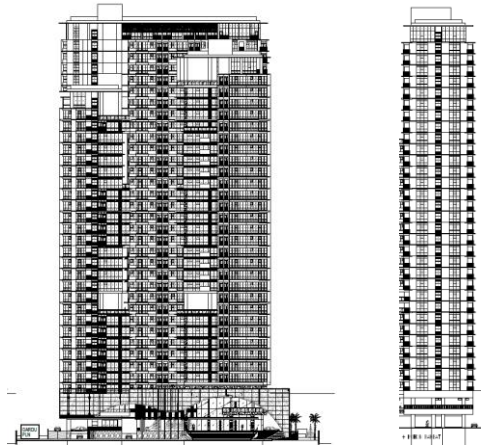
Beton pracetak adalah sebuah teknologi konstruksi yang mengarah kepada industrialisasi dalam pengerjaan konstruksi beton. Konstruksi beton pracetak memiliki beberapa manfaat antara lain; pelaksanaan proyek yang lebih cepat, mutu yang terjamin karena fabrikasi dilakukan secara mekanisasi dalam pabrik sehingga akan memberikan perawatan maupun perlakuan yang lebih baik dan terkontrol, dan pengerjaan beton tidak terpengaruh pada kondisi cuaca karena pembuatan dilaksanakan di dalam pabrik (Erviyanto, 2006). Dengan manfaat yang ada, beton pracetak dianggap sebagai solusi yang tepat terhadap tuntutan akan pekerjaan konstruksi bangunan beton yang efisien dan ekonomis. Namun tetap dengan catatan bahwa penerapan sistem pracetak akan lebih efektif dan efisien bila diterapkan pada pekerjaan yang sifatnya berulang dan massal (Tjahjono & Purnomo, 2004).

Gedung Apartemen Tamansari Iswara di Bekasi merupakan sebuah gedung yang difungsikan sebagai hunian vertikal dan terdiri atas tiga tower, yaitu tower A dengan struktur 34 lantai, tower B dengan struktur 29 lantai, dan tower C dengan struktur 31 lantai serta masing-masingnya. Dalam pelaksanaannya, gedung ini dibangun dengan menggunakan metode *cor in situ*.

Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dalam hal ini memiliki ruang untuk dikembangkan dari sisi metode pelaksanaan konstruksinya. Atas dasar tersebut, penulis akan merencanakan ulang gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dengan menggunakan metode beton pracetak dengan maksud untuk menghasilkan sebuah



rancangan baru yang dapat lebih cepat dan efisien dilaksanakan tanpa mengurangi mutu dari rancangan aslinya. Pada Gambar 1.1 diberikan ilustrasi tampak untuk gedung Tamansari Iswara Tower C.



Gambar 1.1 Tampak Kiri dan Depan Gedung Apartemen Tamansari Iswara Tower C

Dalam perencanaan ulang gedung Apartemen Iswara (Tower C), penulis akan mengubah jumlah lantai dan denah menjadi lebih sederhana. Jumlah lantai akan diperkecil menjadi 20 lantai dan denah daripada Tower C akan dipisah dengan tower yang lain. Namun, sistem gedung yang digunakan tetap sama, yaitu sistem struktur ganda dengan rangka pemikul momen disertai dengan dinding geser beton bertulang biasa.

## 1.2 Perumusan Masalah

### 1.2.1 Masalah Utama

Bagaimana merencanakan ulang struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dengan menggunakan metode beton pracetak?

### **1.2.2 Detail Masalah**

Detail masalah yang akan ditinjau pada perencanaan ini adalah :

1. Bagaimana menentukan preliminary design untuk struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dalam perencanaan struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C)?
2. Bagaimana perhitungan pembebanan dalam perencanaan struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C)?
3. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dengan menggunakan program bantu ETABS 18?
4. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak agar tahan gempa?
5. Bagaimana merancang pondasi dari struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda?
6. Bagaimana membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) menggunakan metode beton pracetak?

## **1.3 Tujuan**

### **1.3.1 Tujuan Utama**

Tujuan utama perencanaan gedung hotel Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) adalah agar mampu merencanakan dan menetapkan metode beton pracetak dalam pembangunan seluruh komponen struktur sesuai dengan peraturan standard yang berlaku.

### 1.3.1 Tujuan Detail

Tujuan detail dalam perencanaan Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *preliminary design* untuk struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dalam perencanaan struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C).
2. Menghitung pembebanan dalam perencanaan ulang struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C).
3. Melakukan analisa permodelan struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dengan menggunakan program bantu ETABS 18.
4. Menentukan metode sambungan dari elemen-elemen pracetak yang tahan gempa.
5. Merancang pondasi dari struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda.
6. Membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) menggunakan metode beton pracetak.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah perencanaan Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan elemen struktur pracetak hanya pada pelat, balok, dan kolom.
2. Perencanaan dinding geser menggunakan metode cor ditempat.

3. Perencanaan tidak meninjau dari segi analisis anggaran biaya dan tidak memperhitungkan electrical dan plumbing.
4. Perencanaan basement dasar dan pondasi menggunakan metode cor ditempat.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari perencanaan Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) adalah :

1. Memahami perancangan pada struktur gedung bertingkat dengan metode pracetak.
2. Menjadi acuan bagi para pembaca tentang pembangunan dengan metode beton pracetak dalam semua komponen struktur serta sambungannya.
3. Menambah wawasan pengetahuan penulis tentang beton pracetak sehingga bermanfaat pada masa mendatang ketika memasuki dunia kerja.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas dasar teori yang menyangkut perencanaan secara umum Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dan secara khusus beton pracetak.

#### **2.2. Beton Pracetak**

Pembuatan struktur beton bertulang dengan sistem pabrikasi dikenal dengan sistem pracetak. Menurut SNI-2847-2019, beton pracetak didefinisikan sebagai elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Dalam perhitungannya, beton pracetak tidak memiliki perbedaan dengan beton konvensional pada umumnya.

Secara garis besar, keunggulan daripada beton pracetak adalah sebagai berikut:

1. Durasi proyek menjadi lebih singkat dibandingkan dengan beton konvensional. (Ervianto, 2006) (Yadav & Shah, 2013)
2. Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga. (Ervianto, 2006)
3. Produksi massal menghasilkan ketepatan dimensi yang lebih akurat. (Ervianto, 2006)
4. Mengurangi kebisingan pada lingkungan proyek. (Ervianto, 2006)
5. Pelaksanaan konstruksi hampir tidak terpengaruh oleh cuaca. (Ervianto, 2006)
6. Kebutuhan akan scaffolding dan bekisting secara signifikan berkurang. (Yadav & Shah, 2013)

7. Quality Kontrol lebih mudah karena fabrikasi di lakukan di lingkungan pabrik. (Yadav & Shah, 2013)
8. Mengurangi keborosan. (Yadav & Shah, 2013)

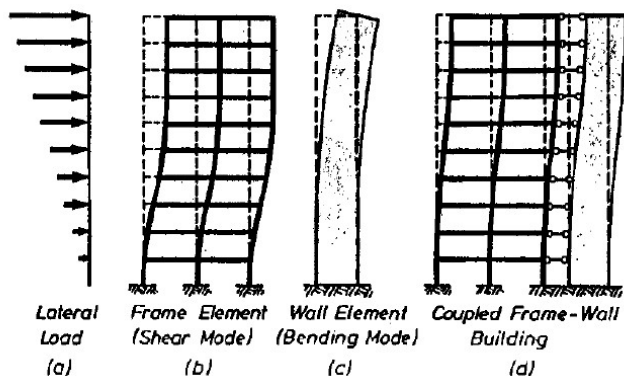
Sedangkan kelemahan daripada beton pracetak dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Dibutuhkan proses transportasi yang memadai karena beton pracetak difabrikasi di luar proyek. (Ervianto, 2006)
2. Membutuhkan kecermatan pada menentukan jenis sambungan agar perilaku struktur dapat menyerupai beton konvensional. (Ervianto, 2006)
3. Dibutuhkan perhatian khusus dalam mengangkat, memindahkan, maupun mengereksi. (Yadav & Shah, 2013)
4. Korosi dapat terjadi pada sambungan antar elemen pracetak. (Yadav & Shah, 2013)
5. Elemen precast dengan ukuran yang besar membutuhkan crane yang memadai. (Yadav & Shah, 2013)
6. Bangunan dengan ukuran yang besar dengan elemen pracetak yang berulang dapat terlihat monoton. (Yadav & Shah, 2013)

### **2.3 Sistem Struktur Gedung**

Pada bangunan tinggi, pembebanan lateral seperti beban angin dan beban gempa seringkali menjadi suatu permasalahan. Semakin tinggi suatu bangunan, maka sistem pembebanan lateral untuk beban angin dan beban gempa semakin besar pula (Juwana, 2005). Semakin tinggi suatu bangunan, aksi gaya lateral akan menjadi semakin penting

pula. Pertimbangan kekakuan akan menentukan jenis rancangan daripada struktur. Derajat keakuannya terutama bergantung pada jenis sistem struktur yang dipilih (Schueller, 1989). Kekakuan SRPM, SDS, dan Sistem Ganda diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 SRPM, SDS, dan Sistem Ganda  
(Paulay & Priestley, 1992)

Sistem struktur yang digunakan pada perencanaan gedung secara umum di antaranya adalah Sistem Dinding Struktural (SDS), Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), dan Sistem Ganda atau *Dual System* (Paulay & Priestley, 1992). SDS adalah dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser dan momen yang ditimbulkan oleh gempa. Dinding geser pada dasarnya merupakan elemen struktur yang biasa disebut dinding struktural. SRPM adalah sistem rangka dimana komponen struktur dan sambungannya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. SRPM dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Sistem ini pada dasarnya

memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa rendah.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Sistem ini memiliki tingkat daktilitas sedang dan tepat digunakan di daerah dengan resiko gempa sedang.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem ini memiliki tingkat daktilitas tinggi atau daktilitas penuh dan harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi.

Struktur sistem ganda adalah gabungan antara dinding geser (*shear wall*) dan rangka pemikul momen. Menurut SNI-1726-2019, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% dari gaya gempa desain. Beban lateral ( $V$ ) dipikul bersama oleh struktur rangka pemikul momen dan dinding struktur secara proporsional berdasarkan kekakuan relatif masing-masing namun perlu pula memperhitungkan interaksi kedua sistem pada setiap tingkatnya. Perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa harus memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

1. Bangunan mampu menahan tanpa mengalami kerusakan pada gempa bumi kecil.
2. Bangunan dapat menahan tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder pada gempa bumi sedang.
3. Bangunan dapat menahan tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan pada gempa bumi kuat.



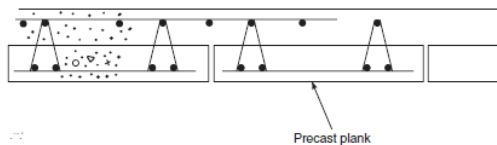
Pada Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) digunakan *Dual System* dengan dinding geser beton bertulang biasa dan rangka pemikul momen yang mampu menahan gaya gempa yang ditetapkan. Perencanaan struktur juga perlu disesuaikan dengan zona gempa yang terdapat pada lokasi gedung.

## 2.4 Elemen Struktur Beton Pracetak

### 2.4.1 Pelat Pratekan

Pada elemen pelat pracetak, terdapat beberapa tipe pelat pracetak yang umum diproduksi dan dapat digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

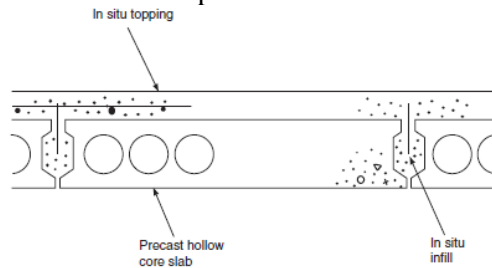
1. Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Flat Slab*). Merupakan pelat pracetak yang umum digunakan dengan karakteristik tanpa lubang pada bagian tengahnya. Pelat ini dapat berupa pratekan atau beton bertulang pada umumnya dengan ketebalan dan lebar bervariasi. Penampang *Solid Core Slab* diilustrasikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Solid Core Slab  
(Elliot, 2002)

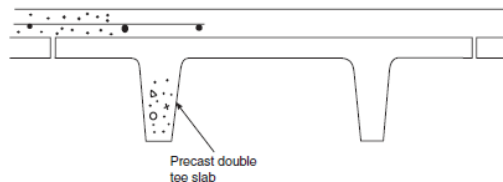
2. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*). Merupakan salah satu jenis pelat precast dengan karakteristik lubang-lubang pada bagian tengahnya yang diameternya dibatasi sampai 75 mm dari tebal pelat total. Pelat ini pertama kali digunakan pada era 1950an di Amerika Serikat dan Eropa. Seiring dengan berjalannya waktu, penampang daripada *Hollow Core Slab* dirancang

menjadi semakin efektif sehingga bentang daripada pelat dapat semakin besar (Elliot, 2002). Penampang *Hollow Core Slab* diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Hollow Core Slab  
(Elliot, 2002)

3. *Double Tee Slab*. Merupakan pelat modifikasi daripada *Hollow Core Slab* dengan karakteristik membentuk dua kaki vertikal yang membentuk dua profil T. Kelebihan dari tipe pelat ini adalah bentang yang lebih panjang dengan massa yang lebih kecil jika dibandingkan dengan HCS (Elliot, 2002). Penampang *Double Tee Slab* diilustrasikan Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Double Tee Slab  
(Elliot, 2002)

#### 2.4.2 Balok Pracetak

Balok merupakan batang horizontal yang membentang dari satu kolom ke kolom yang lain dan umumnya menahan lentur dan geser dari beban pelat dan

berat sendiri. Balok pratekan dapat diproduksi dengan penampang dan bentang yang bermacam-macam. Hal yang paling menentukan penampang balok adalah sistem yang digunakan, seperti sistem sambungan antara balok dengan pelat lantai dan sistem sambungan antara balok dan kolom (Ervianto, 2006). Untuk balok pracetak, terdapat beberapa tipe balok yang umum digunakan, yaitu:

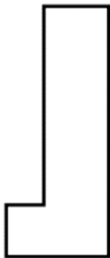
1. Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*). Balok Berpenampang Persegi diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rectangular Beam

(PCI, 2004)

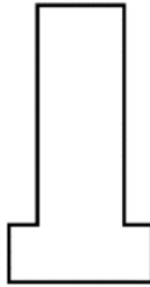
2. Balok Berpenampang L (*L-Shaped Beam*). Balok Penampang L diilustrasikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 L-Shaped Beam

(PCI, 2004)

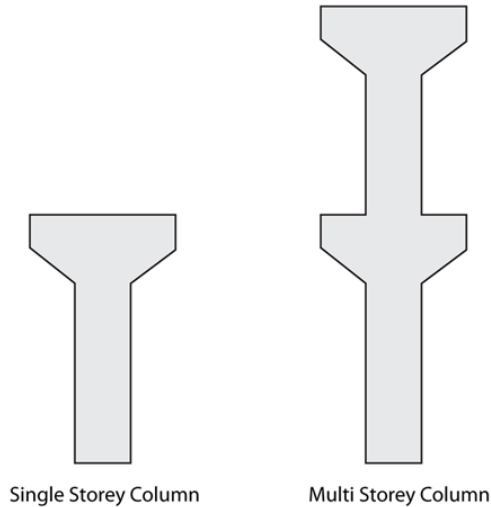
3. Balok Bepenampang T Terbalik (*Inverted Tee Beam*). Balok Berpenampang T Terbalik diilustrasikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Inverted Tee Beam  
(PCI, 2004)

#### **2.4.3 Kolom Pracetak**

Kolom merupakan batang vertikal yang pada umumnya menahan lentur dan aksial dari beban balok, beban sendiri, dan beban yang diteruskan dari lantai-lantai atasnya. Hal yang paling menentukan dalam menentukan jenis kolom yang akan digunakan adalah ketinggian bangunan, metode ereksi dari kolom, serta kemampuan angkat dari alat bantu yang akan digunakan. Kolom pracetak umumnya diproduksi satu kesatuan (tanpa menyambung) atau dengan sambungan. Apabila suatu bangunan memiliki ketinggian di bawah 30 meter, maka penggunaan kolom menerus dapat digunakan. Di lain sisi untuk bangunan dengan ketinggian lebih dari 30 meter, sebaiknya digunakan kolom dengan sambungan (Ervianto, 2006). Dua jenis kolom pracetak yang paling umum digunakan adalah kolom satu lantai (*single storey*) atau multi lantai (*multi storey*), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Single Storey dan Multi Storey Column  
(SCIB Precast Column)

### 2.5 Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser merupakan sebuah elemen struktur kaku yang pada umumnya menahan geser, momen, dan aksial yang timbul akibat gempa. Dinding geser yang kaku pada bangunan dapat menyerap sebagian besar gempa (Imran & Hendrik, 2014). Terdapat beberapa tipe dinding geser, yaitu sebagai berikut:

1. *Flexural Wall* (Dinding Langsing). Dinding geser yang memiliki rasio antara tinggi dinding ( $h_w$ ) dan panjang dinding ( $l_w$ ) lebih dari 2 dengan kontrol desain oleh perilaku lentur.
2. *Squat Wall* (Dinding Pendek). Dinding geser yang memiliki rasio antar tinggi dinding ( $h_w$ ) dan panjang dinding ( $l_w$ )

kurang dari 2 dengan kontrol desain oleh perilaku geser.

3. *Coupled Shear Wall* (Dinding Berangkai). Sebuah kesatuan dari pasangan dinding geser yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai yang berfungsi untuk menahan momen guling yang terjadi akibat gempa, sebagai gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding.

Dinding geser sangat efektif untuk digunakan karena dapat memperkecil dimensi dan jumlah tulangan yang diperlukan pada kolom untuk bangunan dengan jumlah lantai lebih dari 10 lantai. Dinding geser dapat menerima gaya horizontal yang lebih besar dengan memperbesar dimensi dinding geser dan dengan penempatan yang tepat dapat mengurangi pergerakan struktur akibat gempa bumi (Chandurkar & Pajgade, 2013).

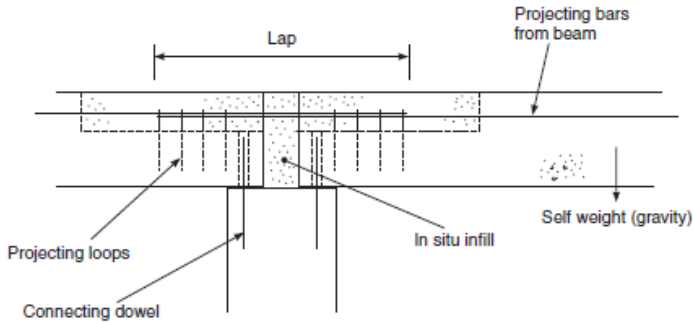
## **2.6 Sambungan Beton Pracetak**

Secara umum pada beton pracetak, terdapat 2 jenis sambungan yang biasa digunakan, yaitu sambungan basah (*wet connection*) dan sambungan kering (*dry connection*) (Ervianto, 2006). Sambungan basah adalah sambungan beton pracetak yang dicor langsung di lokasi sambungan, sementara sambungan kering dapat menggunakan sambungan baut atau pun sambungan las.

### **2.6.1 Sambungan Basah dengan Cor**

Sambungan ini merupakan sambungan yang paling sering digunakan dalam pelaksanaan struktur beton pracetak karena lebih mudah untuk dikerjakan di lokasi proyek dan dapat menghasilkan struktur yang lebih kaku apabila dibandingkan dengan struktur yang lain. Metode penyambungan beton pracetak ini menggunakan tulangan

sebagai penyambung antar komponen pracetak yang kemudian akan dicor pada bagian ujungnya (Ervianto, 2006). Sambungan cor diilustrasikan pada Gambar 2.9 berikut.

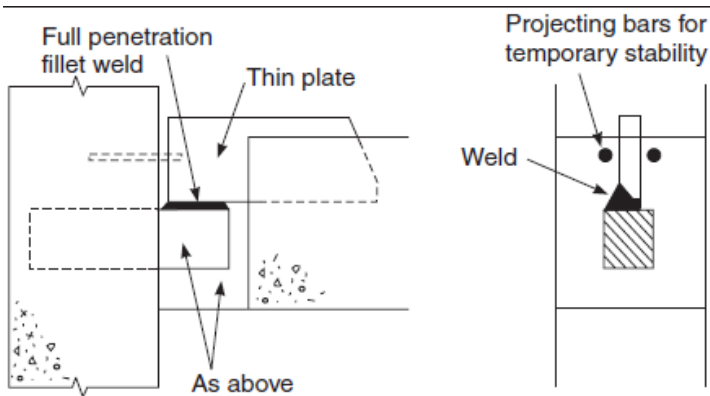


Gambar 2.9 Sambungan Cor pada Balok dan Kolom Pracetak (Elliot, 2002)

### 2.6.2 Sambungan Kering dengan Las

Sambungan pada beton pracetak jenis ini menggunakan alat sambung pelat sisip dari baja yang ditanam pada daerah tulangan dan ditempatkan pada ujung elemen beton yang akan disatukan. Setelah pelat dan baja dan tulangan dirangkai, barulah elemen tersebut di cor. Pelat baja ini perlu dipastikan benar-benar menyatu dengan material betonnya karena fungsi daripada pelat ini adalah untuk meneruskan gaya-gaya (Ervianto, 2006). Untuk menyatukan antar pelat sisip ini digunakan sebuah pelat sambung yang dilas antar pelat sisip elemen-elemen yang akan disambung. Setelah pengelasan dilakukan, pelat ini kemudian akan digrouting untuk melindungi dari korosi.

Sambungan kering dengan las diilustrasikan pada Gambar 2.10 berikut.

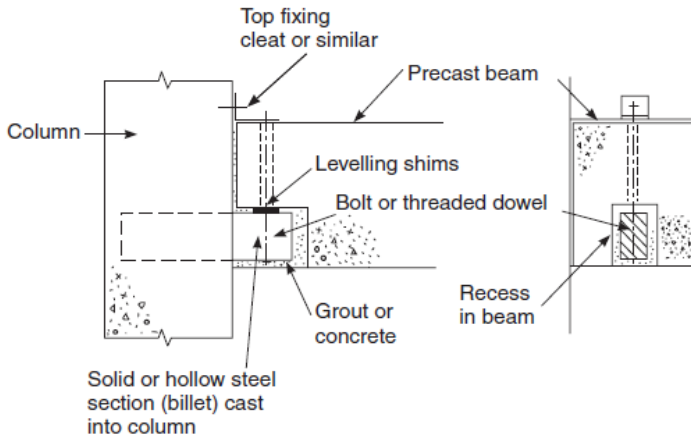


Gambar 2.10 Sambungan Las pada Balok dan Kolom  
Pracetak  
(Elliot, 2002)

### 2.6.3 Sambungan Kering dengan Baut

Sambungan ini masih sama seperti sambungan kering dengan menggunakan las, yaitu dengan menggunakan pelat sisip dari baja yang ditanamkan pada ujung-ujung elemen pratekan. Untuk menyambungkan elemen-elemen pratekan, pelat sisip ini akan disatukan menggunakan baut dengan kuat tarik tinggi. Sambungan ini akan digrouting untuk menghindari terjadinya korosi (Ervianto, 2006). Sambungan kering dengan baut diilustrasikan pada Gambar 2.11 berikut.





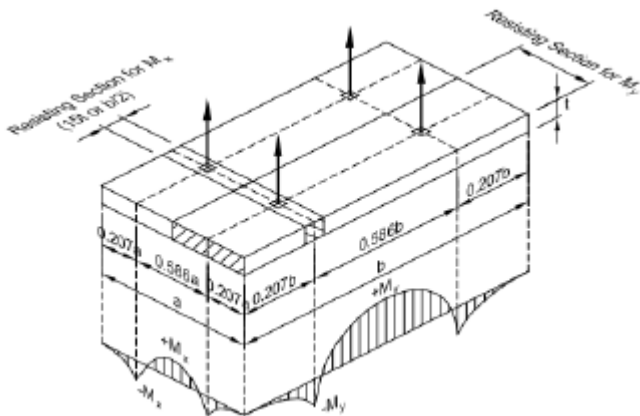
Gambar 2.11 Sambungan Baut pada Balok dan Kolom Pracetak  
(Elliot, 2002)

## 2.7 Pengangkatan Elemen Beton Pracetak

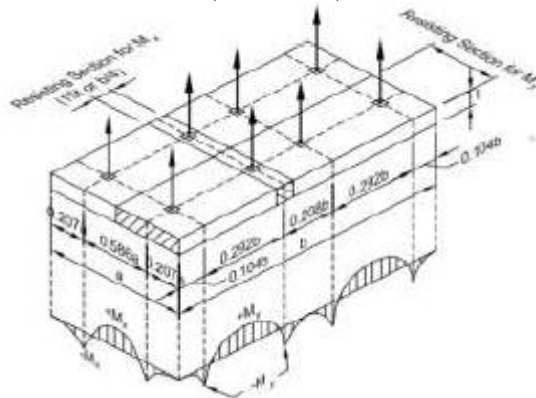
### 2.7.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pada pelat pracetak, perlu diingat bahwa pelat akan diangkat pada beberapa titik sehingga perlu dilakukannya sebuah perencanaan terhadap tulangan angkat pada pelat untuk menghindari terganggan akibat pengangkatan. Pengangkatan pelat pracetak dapat menggunakan *spreader beam* yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak. Pengangkatan ini dapat dilakukan pada dua jenis titik angkat, yaitu empat titik angkat dan delapan titik angkat (PCI, 2004).

Pengangkatan elemen beton pracetak diilustrasikan pada Gambar 2.12 dan Gambar 2.13.



Gambar 2.12 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak (PCI, 2004)



Gambar 2.13 Delapan Titik Angkat pada Pelat Pracetak (PCI, 2004)

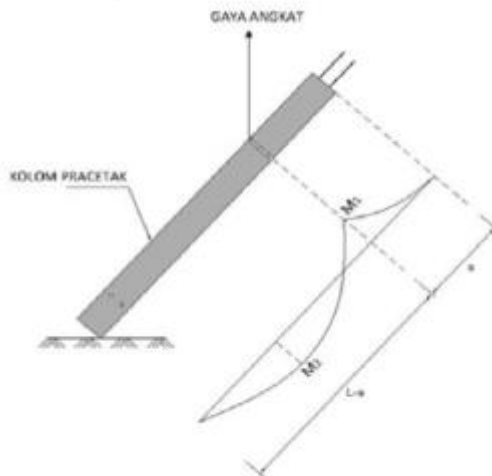
### 2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Pada pengangkatan balok pracetak, perlu diperhatikan saat balok diangkat untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini, terjadi momen pada tengah bentang dan pada tumpuan akibat beban sendiri balok

pracetak. Kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur balok pracetak perlu diperhatikan dalam pengangkatan balok pratekan.

### 2.7.3 Pengangkatan Kolom Pracetak

Pada pengangkatan kolom pracetak, sama seperti pengangkatan balok pracetak, akan terjadi momen di tengah bentang dan pada tumpuan akibat beban sendiri balok pracetak. Pengangkatan kolom pracetak diilustrasikan pada Gambar 2.14 berikut.

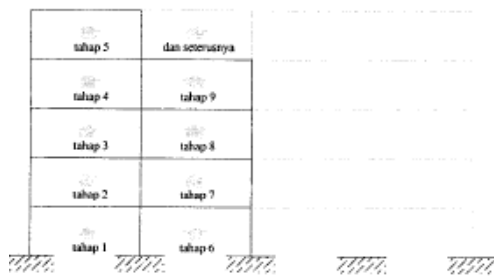


Gambar 2.14 Pengangkatan Kolom Pracetak  
(PCI, 2004)

### 2.8 Metode Ereksi Beton Pracetak

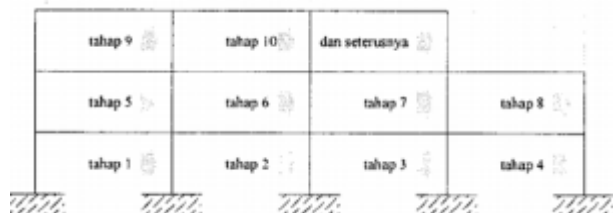
Metode ereksi adalah suatu proses penyatuan elemen beton pracetak menjadi kesatuan struktur yang utuh. Terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk mengereksi beton pracetak, yaitu:

1. Metode Vertikal. Ereksi dengan metode vertikal adalah proses penyatuan elemen beton pracetak yang dilakukan pada sumbu vertikal struktur bangunan dari lantai dasar hingga lantai paling atas. Pada metode ini sambungan harus segera dapat berfungsi secara efektif karena kolom perlu segera dapat menahan lantai atasnya (Ervianto, 2006). Metode ereksi vertikal diilustrasikan pada Gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15 Metode Ereksi Vertikal  
(Ervianto, 2006)

2. Metode Horizontal. Ereksi dengan metode horizontal adalah proses penyatuan elemen beton pracetak yang dilakukan pada sumbu horizontal struktur bangunan setiap lantainya. Pada metode ini, sambungan tidak perlu bekeja segera sehingga terdapat waktu dalam pekerjaannya. *Wet Connection* sangat cocok pada metode ini (Ervianto, 2006). Metode ereksi horizontal diilustrasikan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Metode Ereksi Horizontal  
(Ervianto, 2006)

## 2.9 Dinding Basement

*Basement* adalah suatu ruang yang letaknya berada di bawah permukaan tanah. Pada gedung tinggi, ruang basement seringkali digunakan sebagai ruang utilitas maupun area parker. Dinding basement sendiri berfungsi sebagai dinding penahan tanah, atau biasa disebut pula sebagai retaining wall. Menurut Gue dan Tan, terdapat beberapa dinding penahan tanah yang umum digunakan untuk basement, yaitu seperti yang akan dijelaskan pada subbab 2.9.1 sampai 2.9.5.

### 2.9.1 Sheet Pile Wall

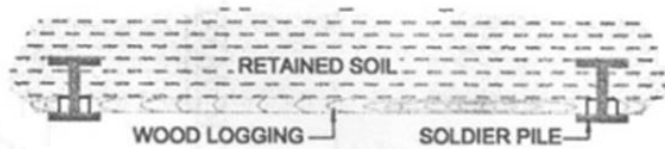
Sheet Pile Wall merupakan jenis dinding penahan tanah yang bersifat sementara. Penggunaan sheet pile pada konstruksi umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti; kondisi tanah, kemudahan pemasangan, kedalaman galian dan kadar air. Sheet Pile Wall diilustrasikan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Sheet Pile Wall  
(Gue & Tan, 1998)

### 2.9.2 Soldier Pile Wall

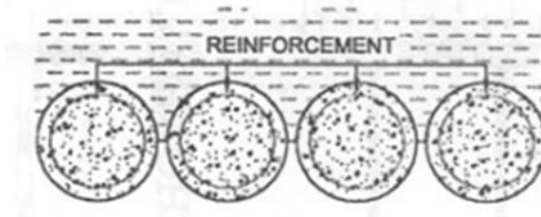
Pada Soldier Pile Wall, terdapat dua komponen utama, yaitu Soldier Pile dan Lagging. Soldier Pile berfungsi sebagai tumpuan utama untuk kestabilan tanah dan lagging berfungsi sebagai tumpuan sekunder untuk mempertahankan bentuk daripada tanah. Soldier Pile Wall diilustrasikan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Soldier Pile Wall  
(Gue & Tan, 1998)

### 2.9.3 Contiguous Bored Pile Wall

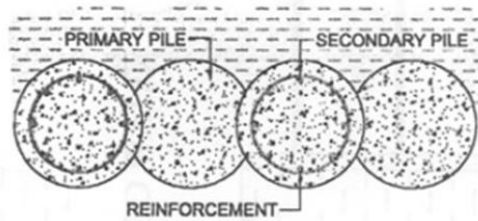
Pada Contiguous Bored Pile Wall, dinding penahan dapat digunakan untuk sementara maupun permanen. Contiguous Bored Pile Wall biasa digunakan pada tanah yang memiliki kekakuan tinggi. Keuntungan penggunaan dinding penahan tanah jenis ini ialah harganya yang lebih murah dan pengerjaan konstruksi yang cepat. Contiguous Bored Pile diilustrasikan pada Gambar 2.19



Gambar 2.19 Contiguous Bored Pile Wall  
(Gue & Tan, 1998)

### 2.9.4 Secant Pile Wall

Secant Pile Wall memiliki fungsi yang sama dengan Contiguous Bored Pile Wall, hanya saja jenis ini lebih menguntungkan karena dapat digunakan pada tanah dengan kadar air yang tinggi. Secant Pile Wall diilustrasikan pada Gambar 2.20 berikut.



Gambar 2.20 Secant Pile Wall  
(Gue & Tan, 1998)

### 2.9.5 Diaphragm Wall

Diaphragm wall merupakan dinding penahan tanah yang permanen. Dinding penahan tanah ini merupakan jenis yang paling efektif digunakan pada tanah dengan kadar air yang tinggi. Selain itu, pemasangannya juga lebih tidak mengganggu karena menimbulkan suara yang minimum dan tidak terjadi getaran yang berlebihan. Diaphragm Wall diilustrasikan pada Gambar 2.21 berikut.



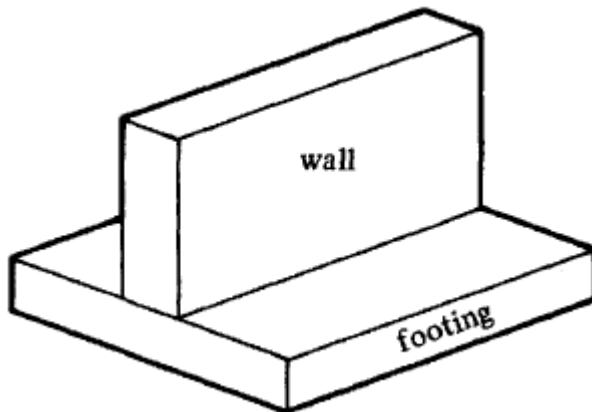
Gambar 2.21 Diaphragm Wall  
(Gue & Tan, 1998)

### 2.10 Pondasi

Pondasi adalah bagian structural yang berfungsi untuk menahan beban kolom dan dinding kemudian meneruskan beban tersebut ke tanah yang ada di bawahnya. Beton bertulang adalah material yang paling digemari untuk digunakan pada pondasi. Pada umumnya, tegangan yang diizinkan pada tanah di bawah pondasi sebesar beberapa ton

per meter persegi sementara tegangan yang dihasilkan oleh kolom dan dinding umumnya lebih sebesar beberapa ratus ton per meter persegi. Dengan demikian, maka diperlukan luasan tanah yang cukup untuk meneruskan beban-beban ini ke tanah. Selain itu, pondasi juga perlu menahan geser dan guling (McCormac & Nelson, 2005). Berikut adalah beberapa jenis tipe daripada pondasi beton bertulang:

1. *Wall footing*. Pondasi ini secara sederhana adalah perpanjangan dan perbesaran dari dasar dinding untuk meneruskan beban sampai ke tanah. Pada umumnya pondasi ini digunakan pada tepi bangunan dan dapat pula digunakan digunakan pada dinding interior (McCormac & Nelson, 2005). Wall footing diilustrikan pada Gambar 2.22 berikut.

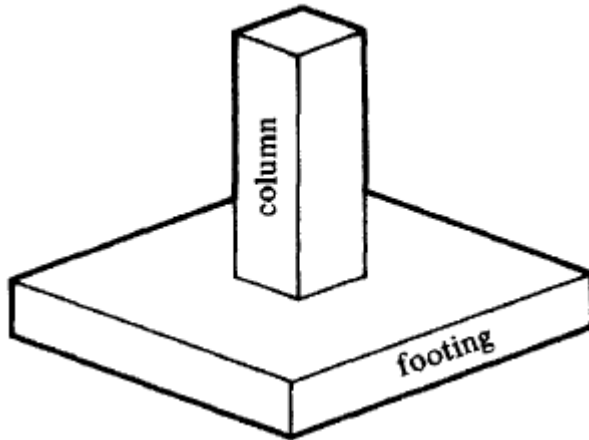


Gambar 2.22 *Wall footing*  
(McCormac & Nelson, 2005)

2. *Single column footing*. Pondasi ini digunakan untuk meneruskan beban dari sebuah kolom sampai ke tanah. Tipe pondasi *single footing* merupakan pondasi yang paling sering digunakan, khususnya ketika beban yang perlu diteruskan tidak terlalu besar dan jarak antar kolomnya tidak

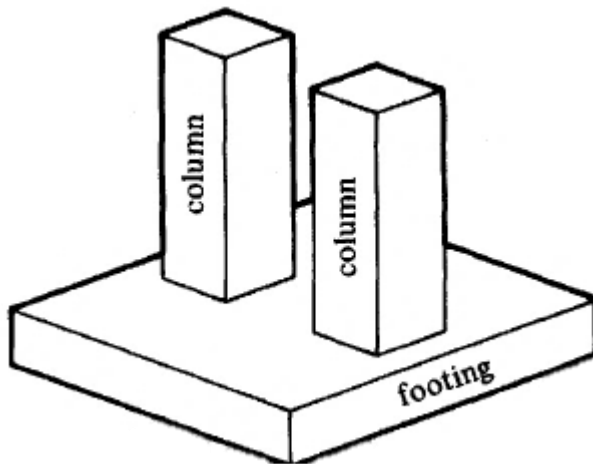


terlalu dekat (McCormac & Nelson, 2005). Single column footing diilustrasikan pada Gambar 2.23 berikut.



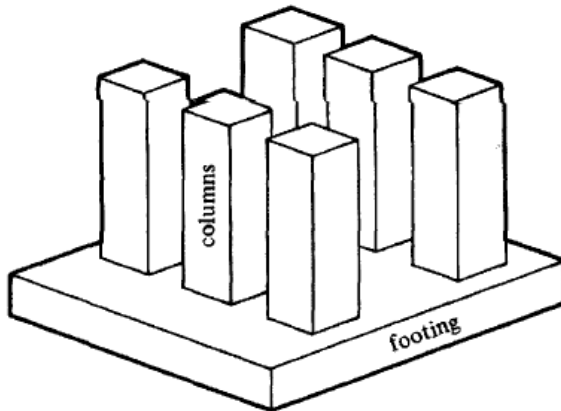
Gambar 2.23 *Single column footing*  
(McCormac & Nelson, 2005)

3. *Combined footing*. Pondasi ini digunakan untuk meneruskan beban dari dua atau lebih kolom sampai ke tanah. Tipe pondasi ini relative lebih ekonomis apa bila jarak antara kolom tidak terlalu jauh (McCormac & Nelson, 2005). *Combined footing* diilustrasikan pada Gambar 2.24 berikut.



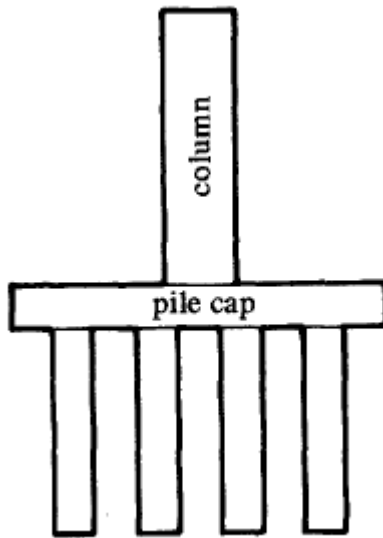
Gambar 2.24 *Combined footing*  
(McCormac & Nelson, 2005)

4. *Raft foundation*. Pondasi adalah pondasi beton bertulang menerus sampai pada suatu luasan yang besar dan berfungsi meneruskan beban dari banyak kolom. Untuk pondasi jenis ini, penggalian cenderung di lakukan dalam skala yang besar. Tujuan dari penggalian ini adalah untuk memindahkan tanah sampai pada berat yang sama dengan bangunan. Setelah ini dilakukan, secara teori tegangan tanah yang dihasilkan setelah bangunan selesai dibangun akan sama dengan sebelum tanah tersebut digali (McCormac & Nelson, 2005). Raft foundation diilustrasikan pada Gambar 2.25 berikut.



Gambar 2.25 *Raft Foundation*  
(McCormac & Nelson, 2005)

5. *Pile and pilecaps*. Pondasi ini adalah sebuah pondasi beton bertulang yang berfungsi untuk meneruskan beban kepada pancang yang berada di bawahnya. (McCormac & Nelson, 2005) Pondasi ini, bersama dengan pancangnya, umum digunakan apabila tanah yang berapa pada kedalaman yang dangkal tidak cukup kuat untuk menahan beban bangunan sehingga diperlukan untuk meneruskan beban sampai suatu kedalaman dimana tanah sudah cukup kuat. Pilecap diilustrasikan pada Gambar 2.26 berikut.



Gambar 2.26 *Pile cap*  
(McCormac & Nelson, 2005)

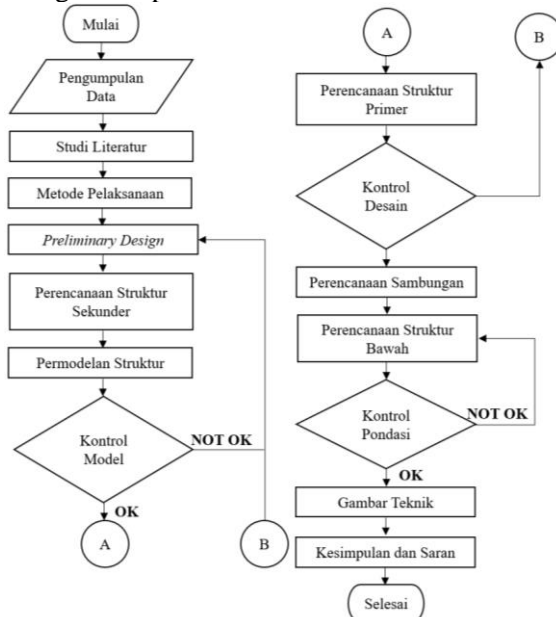
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Umum

Dalam merencanakan gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) dengan modifikasi beton pracetak diperlukan susunan tahap pengerjaan yang sesuai. Perencanaan akan dimulai dengan pengumpulan data dan diakhiri dengan gambar Teknik.

### 3.2 Bagan Alir Perencanaan

Susunan tahap pengerjaan akan dilaksanakan sesuai dengan bagan alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.3 Pengumpulan Data

#### 3.3.1 Data Awal

##### 1. Data Umum Bangunan

Nama Gedung : Apartemen Tamansari Iswara (Tower C)

Lokasi : Jl. Cut Mutia No.2, RT.001/RW.003, Sepanjang Jaya, Kecamatan Rawalumbu, Kota Bekasi, Jawa Barat

Fungsi : Apartemen

Jumlah Lantai : 32 lantai (lantai 32 *rooftop*) + 2 lantai *basement*

Tinggi Bangunan : 99.9 meter

Total Luas Area : 1230,8 m<sup>2</sup>

Struktur Bangunan : Struktur beton bertulang

Sistem Bangunan : Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser (Shear Wall)

##### 2. Data Material

Kekuatan Tekan Beton ( $f'c$ ) : - MPa

Tegangan Leleh Baja ( $f_y$ ) : - MPa

#### 3.3.2 Data Modifikasi

##### 1. Data Umum Bangunan

Nama Gedung : Apartemen Tamansari Iswara (Tower C)

Lokasi : Jl. Cut Mutia No.2, RT.001/RW.003, Sepanjang Jaya,

	Kecamatan Rawalumbu, Kota Bekasi, Jawa Barat
Fungsi	: Apartemen
Jumlah Lantai	: 20 lantai (lantai 20 <i>rooftop</i> ) + 2 lantai <i>basement</i>
Tinggi Bangunan	: 64.6 meter
Total Luas Area	: 1230,8 m <sup>2</sup>
Struktur Bangunan	: Struktur beton pracetak
Sistem Bangunan	: Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser ( <i>Shearwall</i> )

## 2. Data Material

Kekuatan Tekan Beton ( $f'c$ )	: 35, 40, dan 45 MPa
Tegangan Leleh Baja ( $f_y$ )	: 420 MPa

### 3.3.3 Studi Literatur

Pada perencanaan bangunan ini, digunakan beberapa buku dan peraturan mengenai perancangan beton pracetak dan pratekan, serta struktur gedung secara umum yang dapat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya:

1. ACI 318M-14 *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
2. ASCE/SEI 7-16 *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*.
3. SNI 2847:2019 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

4. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
5. *PCI Design Handbook Precast and Prestress Concrete Sixth Edition.*

### **3.4 Metode Pelaksanaan**

Metode pelaksanaan merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan struktur dengan metode pracetak. Metode pelaksanaan merupakan uraian mengenai komponen dan material yang digunakan dalam pelaksanaan.

#### **3.4.1 Sistem Struktur**

Sistem struktur yang digunakan adalah system struktur rangka dengan sambungan kolom pada setiap lantainya.

#### **3.4.2 Transportasi Elemen Pracetak**

Sistem transportasi meliputi:

1. Pemindahan beton pracetak di area pabrik dan area penampungan di proyek. Dilaksanakan pada hari ke 7 umur beton.
2. Pemindahan dari penampungan sementara ke posisi akhir. Dilaksanakan pada hari ke 14 umur beton.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrik ke area akan menggunakan sarana angkut berupa truk. Truk yang digunakan pada pengangkutan adalah truk dengan lebar 2.4 m dan panjang 16 m.

#### **3.4.3 Metode *Erection***

Metode erection merupakan proses penyusunan elemen pracetak menjadi kesatuan bangunan. Metode yang



digunakan pada perencanaan ini adalah metode horizontal, dimana proses *erection* dilaksanakan tiap satu lantai.

### 3.4.4 Pengangkatan Elemen Pracetak

Pengangkatan elemen pracetak menggunakan sistem Jengka Lifting dari Peikko dengan tipe Jengka PSA Shor Insert kait JL. Pada titik angkatnya, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 63 kN dengan sudut sampai dengan 45°.

### 3.5 Preliminary Design

*Preliminary design* adalah desain awal atau estimasi jenis, mutu, serta dimensi material yang akan digunakan untuk membentuk struktur bangunan. Dimensi material dalam gedung ini meliputi balok induk, balok anak, kolom dan pelat. Penentuan *preliminary design* sesuai dengan ketentuan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019.

#### 3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam merencanakan pelat, terdapat spesifikasi tebal minimum dalam dimensi pelat yang mana hal tersebut akan memengaruhi jenis pelat, apakah tergolong pelat dua arah atau pelat satu arah.

##### 1. Pelat Satu Arah

Jika jenis pelat yang digunakan adalah pelat satu arah dan merupakan pelat non-prategang, maka tebal minimum ditentukan berdasarkan persamaan dari ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 7.3.1.1 (tabel 7.3.1.1) seperti yang dijelaskan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tinggi Minimum Pelat Non Prategang Satu Arah

<i>Support Condition</i>	<i>Minimum h</i>
--------------------------	------------------

<i>Simply supported</i>	$l/20$
<i>One end continuous</i>	$l/24$
<i>Both end continuous</i>	$l/28$
<i>Cantilever</i>	$l/10$

Dimana:

$h$  = tinggi pelat minimum

$l$  = panjang bentang

Nilai diatas hanya dapat digunakan untuk  $f_y = 420$  Mpa, untuk  $f_y$  dengan nilai selain 420 MPa, nilai yang ada dalam tabel diatas perlu dikalikan dengan  $(0,4 + \frac{f_y}{700})$ .

## 2. Pelat Dua Arah

Sesuai dengan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019, ketentuan berlaku untuk desain sistem pelat yang ditulangi untuk lentur. Tebal minimum pelat yang didesain sesuai dengan ketentuan tersebut harus seperti yang disyaratkan oleh ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2. Untuk mendesain tebal pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya dapat menggunakan persamaan (3-1) dan (3-2).

Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.1

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \geq 125 \text{ mm} \quad (3-1)$$

1. Tebal pelat tanpa penebalan 125 mm

2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm

Untuk  $0,2 < \alpha_{fm} < 2$ , ketebalan minimum pelat harus memenuhi persamaan (3-1).

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2)

Untuk  $\alpha_{fm} > 2$ , ketebalan minimum pelat harus memenuhi persamaan (3-2).

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \quad (3-2)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2)

Dimana:

$l_n$  = panjang bentang bersih

$fy$  = tegangan leleh baja

$\beta$  = rasio bentang bersih panjang terhadap pendek

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk semua balok pada tepi panel

### 3.5.2 Perencanaan Dimensi Balok

Untuk menentukan ukuran tinggi balok, baik balok anak maupun utama direncanakan dimensi tinggi balok awal berdasarkan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 9.3.1.1 pada tabel 9.3.1.1. Lebar balok ditentukan 2/3 dari tinggi balok. Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa. Tabel 9.3.1.1 disederhanakan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Tinggi Minimum Balok

Kondisi Perletakan	Minimum h
Perletakan sederhana	1/16
Menerus satu sisi	1/18.5
Menerus dua sisi	1/21

Kantilever	1/8
------------	-----

Dimana:

$h_{\min}$  = tinggi balok minimum

$l$  = panjang balok

### 3.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi  $\phi = 0,65$ . Rumus perencanaan dimensi kolom seperti pada persamaan (3-3) berikut.

$$A = \frac{W}{\phi f'c} \quad (3-3)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 10.3.1)

Dimana:

$W$  = beban aksial yang diterima kolom

$f'c$  = kuat tekan beton karakteristik

$A$  = luas penampang kolom

### 3.5.4 Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Bedasarkan peraturan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.3.1.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm.

## 3.6 Perencanaan Struktur Sekunder

### 3.6.1 Perencanaan Pelat

#### 3.6.1.1 Penulangan Lentur Pelat

Sistem pelat lantai pada tugas akhir ini adalah pelat lantai satu arah yang tertumpu pada keempat sisinya. Perhitungan tulangan pelat lantai ini menggunakan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 sebagai acuan dengan

menentukan nilai  $\rho$  min,  $\rho$  maks, dan  $\rho$  pakai yang perhitungannya sama dengan perhitungan penulangan pelat belok. Namun pada penulangan pelat terdapat batasan pada *spacing* tulangan yaitu:

1. *Critical Sections*

Nilai *spacing* tulangan pada *critical sections* diambil dengan nilai yang lebih kecil dari persamaan (3-4) dan (3-5) berikut.

$$S \leq 450 \text{ mm} \quad (3-4)$$

$$S \leq 2h \quad (3-5)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.7.2.2)

2. *Other Sections*

Nilai *spacing* tulangan pada *sections* lainnya diambil dengan nilai yang lebih kecil dari persamaan (3-6) dan (3-7) berikut.

$$S \leq 450 \text{ mm} \quad (3-6)$$

$$S \leq 3h \quad (3-7)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.7.2.2)

### 3.6.1.2 Penulangan Susut Pelat

Perhitungan kebutuhan tulangan susut merujuk pada peraturan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 24.4.3.2. Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

1. Nilai  $\rho_{\min}$  pada pelat yang menggunakan batang tulangan ulir dengan tegangan leleh kurang dari 420 Mpa adalah 0,0020

2. Nilai  $\rho_{\min}$  pada pelat yang menggunakan batang tulangan ulir dengan tegangan leleh sama atau lebih dari 420 Mpa adalah  $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

### 3.6.1.3 Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 24.3.2. Jarak atau *spacing* maksimum yang diizinkan ialah yang terkecil dari persamaan (3-8) dan (3-9).

$$s \leq 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 C_c \quad (3-8)$$

$$s \leq 300 \left( \frac{280}{f_s} \right) \quad (3-9)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 24.3.2 tabel 24.3.2)

### 3.6.1.4 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkatan dalam proses transportasi kondisi yang demikian menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada proses pengangkatan dapat menggunakan bantuan balok angkat yang memiliki kegunaan untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

1. Empat Titik Angkat  
Maksimum momen pendekatan seperti pada persamaan (3-10) dan (3-11).

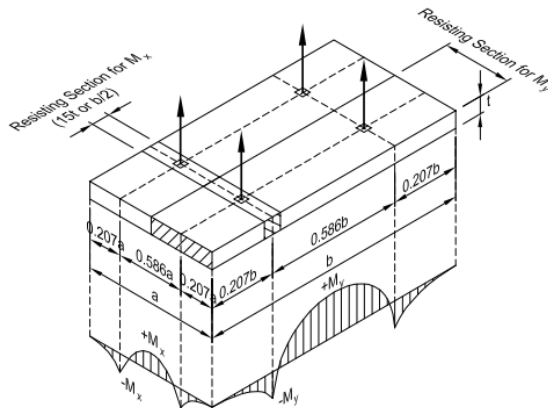
$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b \quad (3-10)$$

$$+M_y = -M_x = 0,0107 w a b^2 \quad (3-11)$$

Dimana:

- $W = \text{weight per unit area}$
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar terkecil dari  $15t$  atau  $b/2$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$

Pengangkatan pelat empat titik diilustrasikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)

2. Delapan Titik Angkat  
Maksimum momen pendekatan seperti pada persamaan (3-12) dan (3-13).

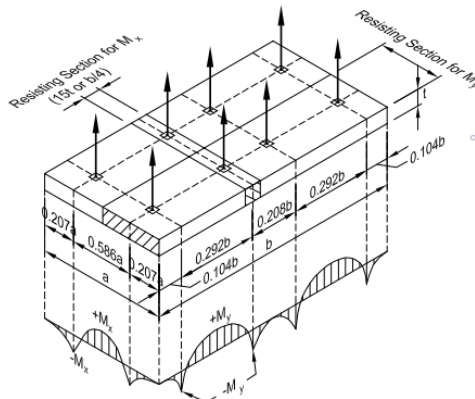
$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b \quad (3-12)$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2 \quad (3-13)$$

Dimana:

- $W = \text{weight per unit area}$
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$

Pengangkatan pelat empat titik diilustrasikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat)

### 3.6.2 Perencanaan Balok Anak

Pelat sebagai elemen yang paling awal menerima beban kemudian akan mendistribusikan beban ke balok



anak. Beban yang diterima balok anak akan dihitung sebagai beban ekuivalen trapezium, segitiga, dan dua segitiga.

Dari beban yang dipikul oleh balok anak tersebut akan digunakan untuk menghitung gaya dalam. Gaya dalam tersebut digunakan untuk perhitungan penulangan lentur dan geser. Penentuan dimensi awal balok anak sama dengan balok utama yaitu mengacu pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 9.3.1.1 pada tabel 9.3.1.1.

### 3.6.3 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga dimulai dengan menghitung lebar dan tinggi injakan pada tangga, dengan syarat pada persamaan (3-14).

$$60 \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \quad (3-14)$$

Dimana:

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

$\alpha$  = sudut kemiringan tangga ( $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ )

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan pelat bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

### 3.6.4 Perencanaan Lift

Lift merupakan alat transportasi manusia dari satu lantai ke lantai lain dalam sebuah gedung. Perencanaan lift disesuaikan dengan jumlah lantai dan perkiraan jumlah penggunaan lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

Ruang landasan diberi kelonggaran (*pit lift*) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak membentur dasar landasan. Selain itu, *pit lift* juga berfungsi menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya saat tali putus.

### 3.7 Pembebanan

Dalam melakukan analisa perhitungan desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1727:2013.

#### 3.7.1 Beban Statis

Beban statis ialah beban yang bekerja secara kontinu pada struktur yang timbul secara perlahan-lahan dan mempunyai karakter *steady-states* atau bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut SNI 1727:2013 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) ialah sebagai berikut:

##### 1. Beban Mati

Beban mati ialah berat seluruh bangunan gedung yang terpasang seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung serta komponen arsitektural dan struktural lainnya. Jenis dan besar beban mati ditabulasikan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Jenis dan Besar Beban Mati

Jenis Beban	Besar Beban
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Aspal	2200 kg/m <sup>3</sup>

Plafon	7 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung plafon	11 kg/m <sup>2</sup>
Tegel	24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata ringan 60 x 20 x 10	100 kg/m <sup>2</sup>

## 2. Beban Hidup

Beban hidup ialah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, hujan, gempa, serta banjir.

Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat bergerak sehingga untuk menentukan secara pasti nilai beban hidup yang bekerja sangat sulit karena fluktuasi beban hidup yang bervariasi. Oleh karena itu, digunakan peraturan SNI 1727:2013 yang mengatur tentang perancangan beban hidup. Jenis dan besar beban hidup ditabulasikan pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Jenis Beban dan Besar Beban Hidup

Jenis Beban	Besar Beban	
	Merata, psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat, psf (kN)
Ruang pribadi dan koridor yang melayani ruang pribadi	40 (1,92)	-
Ruang publik dan koridor yang melayani ruang publik	100 (4,79)	-

### 3.7.2 Beban Dinamis

Beban dinamis terbagi sesuai poin-poin berikut.

#### 1. Beban Angin

Beban angin mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh tekanan udara.

Parameter beban angin yang harus diperhitungkan antara lain:

1. Kecepatan angin dasar ( $V$ ) (SNI 1727:2013 pasal 26.5)
2. Faktor arah angin ( $K_0$ ) (SNI 1727:2013 pasal 26.6)
3. Kategori eksposur (SNI 1727:2013 pasal 26.7)
4. Faktor topografi ( $K_{zt}$ ) (SNI 1727:2013 pasal 26.8)
5. Faktor efek tiupan angin (SNI 1727:2013 pasal 26.9)
6. Klasifikasi ketertutupan (SNI 1727:2013 pasal 26.10)
7. Koefisien tekanan internal (SNI 1727:2013 pasal 26.11)

#### 2. Beban Gempa

Lokasi Gedung Apartemen Tamansari Iswara berada di Kota Bekasi. Ada beberapa tinjauan mengenai gempa yang perlu diperhatikan untuk mengetahui kriteria desain yang paling cocok untuk perhitungan struktur yang tahan gempa. Menurut SNI 1726:2019, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Beban gempa didasarkan pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019) dengan zona wilayah gempa kota Bekasi.

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019 meliputi:

1. Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung apartemen termasuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1,0. Nilai-nilai tersebut ditabulasikan pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Kategori Resiko Gedung Apartemen

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Resiko</b>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk namun tidak dibatasi untuk;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan.</li> <li>2. Fasilitas sementara.</li> <li>3. Gudang penyimpanan.</li> <li>4. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya.</li> </ol>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk namun tidak dibatasi untuk;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perumahan.</li> <li>2. Rumah toko dan rumah kantor.</li> <li>3. Pasar.</li> <li>4. Gedung perkantoran.</li> </ol>	II

<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Gedung apartemen atau rumah susun.</li> <li>6. Pusat perbelanjaan atau mall.</li> <li>7. Bangunan industry.</li> <li>8. Fasilitas manufaktur.</li> <li>9. Pabrik.</li> </ol>	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan termasuk tapi tidak dibatasi untuk;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bioskop</li> <li>2. Gedung pertemuan.</li> <li>3. Stadion.</li> <li>4. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedash dan unit gawat darurat.</li> <li>5. Fasilitas penitipan anak.</li> <li>6. Penjara.</li> <li>7. Bangunan untuk orang jompo.</li> </ol> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3 Pusat pembangkit listrik biasa.</li> <li>4 Fasilitas penanganan air.</li> <li>5 Fasilitas penanganan limbah.</li> <li>6 Pusat telekomunikasi</li> </ol> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah</p>	<p>III</p>

<p>kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas pentik, termasuk namun tidak dibatasi untuk;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan-bangunan monumental.</li> <li>2. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan.</li> <li>3. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat.</li> <li>4. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat.</li> <li>5. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.</li> <li>6. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat.</li> <li>7. Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat.</li> <li>8. Struktur tambahan yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</li> </ol> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	<p>IV</p>

Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor keutamaan gempa (Ie)
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

## 2. Definisi Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data dimana gedung akan direncanakan. Definisi kelas situs ditabulasikan pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Kelas Situs

Kelas Situs	Vs (m/detik)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeksi plastisitas, PI > 20,		



	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math> dan,</li> <li>3. Kuat geser niralir <math>S_u &lt; 25</math> Kpa</li> </ol>
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah.</li> <li>2. Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math>m)</li> <li>3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7.5</math> m dengan indeks plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>4. Lapisan lempung lunak atau setengah tegu dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>S_u &lt; 50</math> kPa</li> </ol>

### 3. Parameter Respon Spectral

Dalam penentuan respons spectral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan perioda 1 detik ( $F_a$ ), parameter spectrum respons percepatan perioda pendek ( $S_{MS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang sesuai dengan pengaruh klasifikasi situs. Dari perhitungan tersebut akhirnya akan ditentukan kategori resiko dan sistem penahan gaya seismic untuk perencanaan gedung apartemen.

#### 4. Koefisien Situs

Definisi koefisien situs ditabulasikan pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9.

Tabel 3.8 Koefisien Sistus  $F_a$

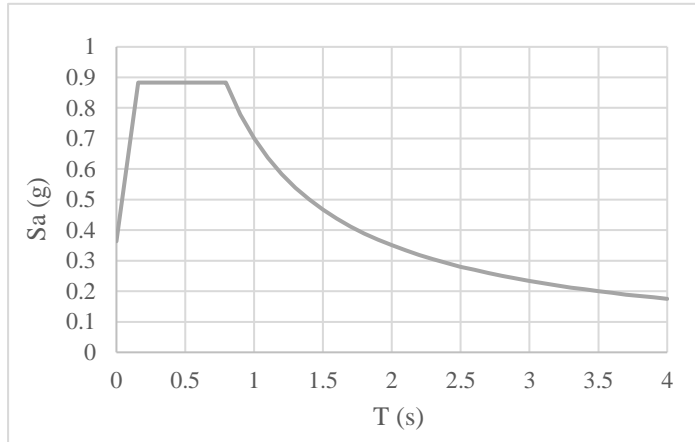
Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0.2$ detik, $S_s$					
	$0.25 \geq S_s$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
SC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
SE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
SF	SS					

Tabel 3.9 Koefisien Sistus  $F_v$

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0.2$ detik, $S_s$					
	$0.1 \geq S_1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 \geq 0.6$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
SD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
SE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
SF	SS					

### 5. Respon Spectra Desain

Respon spectra desain dicontohkan seperti pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.4 Spektrum Respons Desain

### 6. Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik ditabulasikan seperti pada Tabel 3.10 dan Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

Tabel 3.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai SDS	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,067$	A	A
$0,067 < SDS < 0,133$	B	C
$0,133 < SDS < 0,20$	C	D
$0,20 < SDS$	D	D

### 7. Sistem Penahan Gaya Seismik

Faktor R, Cd, dan  $\Omega_0$  ditentukan berdasarkan korelasinya dengan sistem sistem penahan gaya gempa pada Tabel 3.12 berikut.

Tabel 3.12 Faktor R, Cd, dan  $\Omega_0$  Sistem Penahan Gaya Gempa

Jenis Struktur	R	$\Omega_0$	Cd	Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Rangka Baja Pemikul Momen Khusus	8	3	5.5	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus	8	3	5.5	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka Baja Pemikul	4.5	3	4	TB	TB	10	TI	TI

Momen Menengah								
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Penggunaan elemen beton yang termasuk diagrama tidak fleksibel harus memperhitungkan momen torsi bawaan ( $M_t$ ) yang merupakan momen hasil dari eksentrisitas pusat masa ditambah momen torsi tak terduga ( $M_{ta}$ ) yang diakibatkan oleh perpindahan pusat massa dari lokasi aktual yang diasumsikan pada arah dengan jarak 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap gaya gempa. Jika gempa diterapkan di dua arah secara serempak, perpindahan pusat massa sebesar 5% tidak perlu diterapkan ke dua arah secara bersamaan, tetapi diterapkan dalam arah yang pengaruhnya lebih besar.

#### 8. Penentuan Respons Spektrum

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017.

#### 9. Respon Seismik ( $C_s$ )

Penentuan nilai  $C_s$  didasari pada persamaan (3-15) berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-15)$$

Dimana:

$S_{DS}$  = percepatan spectrum respons desain dalam rentang periode pendek

$R$  = faktor modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan bangunan

Dengan nilai  $C_s$  max tidak lebih dari pada persamaan (3-16).

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{T}\right)} \quad (3-16)$$

10. Gaya Geser dan Gaya Seismik Lateral  
 Penentuan nilai  $V$  dan  $Cvx$  didasari pada persamaan  
 (3-17) dan (3-18)

$$V = C_s \times W \quad (3-17)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i x h_i^k} \quad (3-18)$$

Dimana:

$C_s$  = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.1.1

$W$  = berat seismik efektif menurut SNI 1726:2019 pasal 7.7.2

### 3.7.3 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan pembebanan digunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 sebagai berikut:

$$U = 1,4D$$

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

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

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L + 0,2S$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$

Dimana:

$U$  = beban ultimate

$D$  = beban mati

$L$  = beban hidup

$L_r$  = beban hidup atap

$S$  = beban salju

$R$  = beban hujan

$E$  = beban gempa

$W$  = beban angin

### **3.8 Permodelan Struktur**

#### **3.8.1 Penggunaan Analisa Struktur**

Analisa struktur utama menggunakan program ETABS untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur. Model harus memenuhi beberapa kriteria di kontrol permodelan struktur agar model yang dibuat dapat digunakan untuk perhitungan.

#### **3.8.1 Perhitungan Gaya Dalam**

Untuk mendapatkan gaya dalam struktur utama, hal yang harus diperhatikan dan data yang harus dimasukkan ke dalam program ialah:

- a. Bentuk gedung
- b. Posisi dan dimensi elemen struktur
- c. Pembebanan Struktur
- d. Kombinasi pembebanan
- e. Respons spektrum gempa

#### **3.8.2 Kontrol Permodelan Struktur**

Permodelan yang dibuat harus memenuhi beberapa kriteria di bawah agar gaya gempa yang terjadi pada permodelan dapat digunakan saat perencanaan.

##### **3.8.2.1 Kontrol Partisipasi Massa**

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1, nilai partisipasi massa harus sekurang-kurangnya mencapai 90% dari massa aktual struktur. Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami suatu struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah horizontal-orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

### 3.8.3.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2:  $T_a < T < C_u \times T_a$ . Periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji.

Dalam persyaratan, periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan di atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari tabel 14 pada SNI 1726-2019 dan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur.

Nilai periode fundamental struktur (T) diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1. Nilai  $T_a$  didasari pada persamaan (3-19) berikut.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3-19)$$

Dimana:

$T_a$  = periode fundamental pendekatan

$C_t$  = koefisien yang ditentukan dari tabel 15 SNI 1726:2019

$h_n$  = tinggi bangunan (m)

$x$  = koefisien yang ditentukan dari tabel 15 SNI 1726:2019

Nilai  $C_u$ ,  $C_t$ , dan  $x$ , didasari pada Tabel 3.13 dan Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.13 Koefisien  $C_u$

Parameter Percepatan Respon Spectral Desain pada 1 Detik, $SD_1$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4



0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7

Tabel 3.14 Koefisien  $C_t$  dan  $x$ 

<b>Tipe Struktur</b>	<b><math>C_t</math></b>	<b><math>x</math></b>
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

### 3.8.3.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1, gaya dinamis lebih besar dari 100% gaya statis. Bila periode fundamental struktur ( $T$ ) yang dihitung melebihi  $C_u x T_a$ , maka  $C_u x T_a$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $T$  dalam arah itu.

Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 100% persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan ( $V/V_t$ ).

### 3.8.3.4 Kontrol Simpangan Bangunan (*Drift*)

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.8.6, Simpangan tiap lantai lebih besar dari Simpangan ijin. Penentuan simpangan

antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan Simpangan pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung Simpangan didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

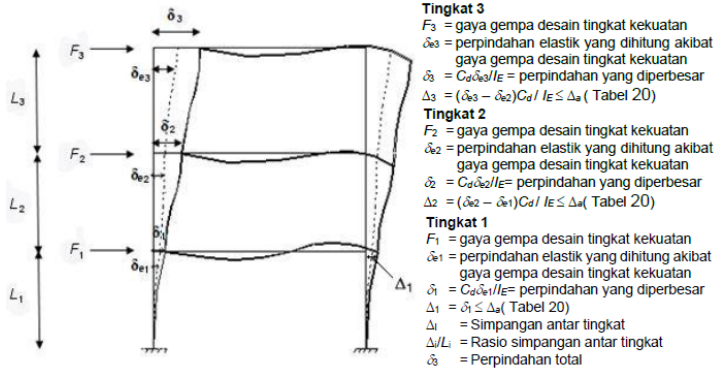
Jika desain tegangan ijin digunakan, Simpangan harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

Nilai simpangan ijin struktur didasari pada Tabel 3.15 dan Gambar 3.4 berikut.

Tabel 3.15 Simpangan Ijin Struktur

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 simpanan antar lantai	0,025 h	0,02 h	0,015 h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h

Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h



Gambar 3.5 Penentuan Simpangan Antar Lantai

### 3.8.3.5 Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-delta pada geser tingkat, gaya dan momen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat akibatnya, tidak perlu diperhitungkan apabila koefisien stabilitas  $\theta$ , seperti pada persamaan 3-20, memiliki nilai kurang dari sama dengan 10%. Nilai  $\theta$  didasari pada persamaan (3-20) berikut.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3-20)$$

Dimana:

$P_x$  = Beban desain vertical tingkat x (kN)

$\Delta$  = Simpangan antar tingkat

$V_x$  = Gaya geser seismic (kN)

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat (mm)

$C_d$  = Faktor pembesaran Simpangan

### 3.9 Perencanaan Struktur Primer

#### 3.9.1 Penulangan Balok

Penulangan balok anak dan balok utama dilakukan untuk menahan momen lentur, geser, dan torsi yang dihitung berdasarkan pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.2.2.4.3 pada tabel 22.2.2.4.3.

##### 3.9.1.1 Penulangan Lentur Balok

Tahapan dalam merencanakan tulangan lentur adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f'_c$ , dan  $M_u$ .
2. Menentukan nilai  $\beta_1$  sesuai peraturan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.2.2.4.3 pada tabel 22.2.2.4.3 seperti pada Tabel 3.16 berikut.

Tabel 3.16 Nilai  $\beta_1$

$f'_c$ (Mpa)	$\beta_1$
$17 \leq f'_c \leq 28$	0,85
$28 < f'_c < 55$	$0,85 - \frac{0,05(f'_c - 28)}{7}$
$f'_c \geq 55$	0,65

1. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan pada persamaan (3-21) sampai (3-23).

$$\rho_{\max} \leq 0,025 \quad (3-21)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 18.6.3.1)

$$\rho_{\min} \geq \frac{0,25\sqrt{f'c}}{fy} \quad (3-22)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 9.6.1.2)

$$\rho_{\min} \geq \frac{1,4}{fy} \quad (3-23)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 9.6.1.2)

Dari kedua harga  $\rho_{\min}$  tersebut, diambil harga  $\rho_{\min}$  yang terbesar sebagai nilai  $\rho_{\min}$  yang menentukan.

- Menentukan harga  $m$  sesuai persamaan (3-24).

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} \quad (3-24)$$

- Menentukan  $Rn$  sesuai persamaan (3-25).

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2} \quad (3-25)$$

$$\phi = 0,90$$

- Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan sesuai persamaan (3-26) dan (3-27).

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right) \quad (3-26)$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max} \quad (3-27)$$

- Menentukan luas tulangan ( $A_s$ ) dari  $\rho$  yang diperoleh sesuai persamaan (3-28) dan (3-29).

$$\rho = \frac{As}{b d} \quad (3-28)$$

$$As = \rho b d \quad (3-29)$$

6. Menentukan jumlah tulangan sesuai persamaan (3-29).

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{0.25 \pi \emptyset^2} \quad (3-30)$$

7. Menghitung jarak tulangan sesuai persamaan (3-31).

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \emptyset L - 2d' - 2\emptyset S}{n - 1} \quad (3-31)$$

8. Kontrol regangan sesuai persamaan (3-32).

$$\epsilon_t \geq 0,005 \quad (3-32)$$

### 3.9.1.2 Penulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 9.5.1.1 bagian (b) yaitu harus memenuhi persamaan (3-33).

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-33)$$

Dimana:

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan untuk geser bernilai 0,75

$V_n$  = kuat geser nominal penampang

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

Sedangkan untuk kuat geser nominal dari penampang merupakan hasil penjumlahan dari kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ ) sesuai persamaan (3-34) dan (3-35).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-34)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1)

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} b d \quad (3-35)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1)

Dimana:

$V_c$  = kuat geser beton

$V_s$  = kuat geser nominal tulangan geser

$V_n$  = kuat geser nominal penampang

### 3.9.1.3 Penulangan Torsi Balok

Penulangan torsi harus diperhatikan apabila memenuhi kriteria seperti pada persamaan (3-36) dan (3-37).

$$T_u \geq \phi T_{th} \quad (3-36)$$

$$T_u \geq 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (3-37)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.7.4.1)

Dimana:

$T_u$  = momen torsi terfaktor

$T_{th}$  = torsi threshold

Apabila  $T_u$  melebihi torsi terkecil yang terdeteksi (threshold), maka desain penampang harus berdasarkan pada persamaan (3-38) sampai (3-40).

$$\phi T_n \geq T_u \quad (3-38)$$

(ACI 318RM-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.7.6)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta \quad (3-39)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.7.6.1 pers. 22.7.6.1a)

$$T_n = \frac{2A_o A_l f_{yt}}{p_h} \cot \theta \quad (3-40)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.7.6.1 pers. 22.7.6.1b)

Dari kedua harga  $T_n$  diatas, digunakan nilai  $T_n$  yang memiliki harga terkecil.

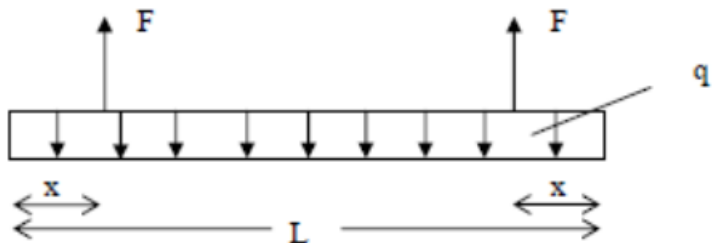
Dimana:

$T_u$  = momen torsi terfaktor

$T_n$  = kuat momen torsi

### 3.9.1.4 Pengangkatan Balok Pracetak

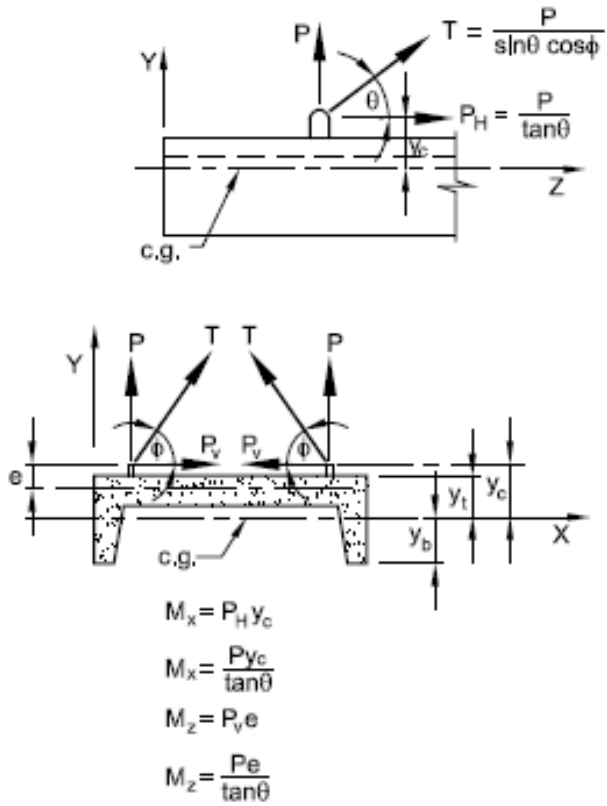
Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban beban yang bekerja adalah beban dari berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat pada balok. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Model Pembebanan Saat Pengangkatan Balok Pracetak

Pada saat pengangkatan balok pracetak, balok harus didesain sedemikian rupa agar tidak terjadi kerusakan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan Tabel 3.17.





Gambar 3.7 Momen Balok Pracetak Saat Pengangkatan

Tabel 3.17 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis

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

### 3.9.2 Penulangan Kolom

Penulangan kolom dilakukan untuk menahan momen lentur, geser, dan torsi yang dihitung berdasarkan pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.4, pasal 22.5, dan pasal 22.7.

#### 3.9.2.1 Penulangan Lentur Kolom

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari permodelan ETABS, didapatkan momen dan gaya axial yang terjadi pada kolom tersebut. Gaya-gaya tersebut dijadikan input pada program bantu PCACOL untuk mendapatkan tulangan lentur. Penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.4.

#### 3.9.2.2 Penulangan Geser Kolom

Penulangan geser kolom dihitung berdasarkan persyaratan di ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.5 mengenai geser.

#### 3.9.2.3 Penulangan Torsi Kolom

Penulangan torsi kolom dihitung berdasarkan persyaratan di ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.7 mengenai torsi.

### 3.9.2.4 Persyaratan Strong Column Weak Beam

Sesuai filosofi desain kapasitas, maka ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 18.7.3 mensyaratkan seperti pada persamaan (3-41)

$$\Sigma Mn_c \geq \left(\frac{6}{5}\right) \Sigma Mb \quad (3-41)$$

Dimana  $\Sigma Mn_c$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\Sigma Mb$  merupakan momen kapasitas balok. Untuk  $Mn_c$  didapatkan dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau guna mengontrol syarat *strong column weak beam*. Setelah didapatkan jumlah tulangan kolom yang diperlukan, selanjutnya adalah mengontrol kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.

### 3.9.2.5 Pengangkatan Kolom Pracetak

Pemasangan kolom harus diperhatikan bahwa kolom akan mengalami proses pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat kolom dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk saat proses transportasi. Perencanaan titik pengangkatan pada kolom sama halnya dengan perencanaan titik angkat pada balok pracetak, mengacu pada *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*.

## 3.9.3 Penulangan Dinding Geser

### 3.9.3.1 Kuat Aksial Rencana

Perhitungan kuat aksial rencana dinding geser atau *shearwall* didasarkan pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.5.3.1 seperti pada persamaan (3-42) dan (3-43).

$$P_u \leq \phi P_n \quad (3-42)$$

$$P_u \leq \phi 0,55 f'c A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (3-43)$$

### 3.9.3.2 Gaya Geser Dinding

Perhitungan gaya geser untuk dalam bidang dinding atau *in-plane shear* didasarkan pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.3 seperti pada persamaan (3-44) dan (3-45).

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3-44)$$

$$V_u \leq \phi 0,83 \sqrt{f'c} h d \quad (3-45)$$

Dimana:

h = tebal dinding

d = 0,8 l<sub>w</sub>

### 3.9.3.3 Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser beton didasarkan pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.6 seperti pada persamaan (3-46) dan (3-47)

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f'c} h d + \frac{N_u d}{4 l_w} \quad (3-46)$$

Atau

$$V_c = \left[ 0,05 \lambda \sqrt{f'c} + \frac{l_w \left( 0,1 \lambda \sqrt{f'c} + 0,2 \frac{N_u d}{4 l_w} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] \quad (3-47)$$

Dari kedua persamaan V<sub>c</sub> diatas, diambil V<sub>c</sub> yang memiliki nilai terkecil.

Dimana:

l<sub>w</sub> = panjang keseluruhan dinding

N<sub>u</sub> = positif untuk gaya tekan dan negatif untuk gaya tarik.

### 3.9.3.4 Penulangan Geser Vertikal

Perhitungan penulangan geser vertikal didasarkan pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.6.1. Apabila dalam bidang dinding atau *in-plane*  $Vu \leq 0,5 \phi Vc$ , maka nilai minimum  $\rho_l$  dan  $\rho_t$  harus menggunakan tabel 11.6.1 pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.6.1 dan pasal 11.6.2.

Tabel 3.18 Penulangan Minimum untk Dinding Dalam Bidang  $Vu \leq 0,5 \phi Vc$

<i>Type of Nonprestressed Reinforcement</i>	<i>Bar / Wire Size</i>	<i>fy (Mpa)</i>	<i>Minimum Longitudinal (<math>\rho_l</math>)</i>	<i>Minimum Transverse (<math>\rho_t</math>)</i>
<i>Deformed bars</i>	$\leq$ No. 16	$\geq 420$	0.0012	0.0020
		$< 420$	0.0015	0.0025
	$>$ No. 16	<i>Any</i>	0.0015	0.0025
<i>Welded-wire reinforcement</i>	$\leq$ MW200 or MD200	<i>Any</i>	0.0012	0.0020

Akan tetapi, apabila nilai  $Vu \geq 0,5 \phi Vc$ , maka persamaan yang berlaku ialah seperti pada persamaan (3-48).

$$\rho_l \geq 0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_t - 0,0025) \quad (3-48)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.6.2)

Dimana:

Rasio tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang horizontal,  $\rho_l$ , tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari persamaan pada ACI 318M-14 dan SNI

2847:2019 pasal 11.6.2 dan 0,0025. Nilai  $\rho_l$  yang dihitung tidak perlu lebih besar dari  $\rho_t$  yang terdapat pada tabel 3.18.

### 3.9.3.5 Penulangan Geser Horizontal

Apabila  $V_u > \phi V_c$ , maka tulangan geser horizontal harus disediakan untuk memenuhi persamaan (3-49) sampai (3-51).

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3-49)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-50)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.4)

Dimana:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (3-51)$$

(ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8)

### 3.10 Perencanaan Sambungan

Sambungan antar komponen pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan komponen-komponen tersebut sehingga struktur secara keseluruhan dapat berperilaku monolit. Berdasarkan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 18.9.2.1 sambungan daktail pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan ada persamaan (3-52).

$$V_n \geq 2 V_e \quad (3-52)$$

Dimana:

$V_n$  = kekuatan geser nominal

$V_e$  = kekuatan geser actual

Sedangkan menurut ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 18.9.2.2, *strong connection* pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan pada persamaan (3-53).

$$\phi S_n \geq 1,4 S_e \quad (3-53)$$

Dimana:

$S_n$  = kekuatan lentur, geser atau aksial momen sambungan

$S_e$  = gaya lentur, gaya geser, dan gaya aksial pada sambungan yang terkait dengan pembentukan kuat rencana di lokasi leleh yang diharapkan

### 3.10.1 Sambungan *Base Plate* – Kolom / Kolom – Kolom

Untuk sambungan kolom-kolom, harus memenuhi persyaratan pada persamaan (3-54).

$$\phi M_n \geq 0,4 M_{pr} \quad (3-54)$$

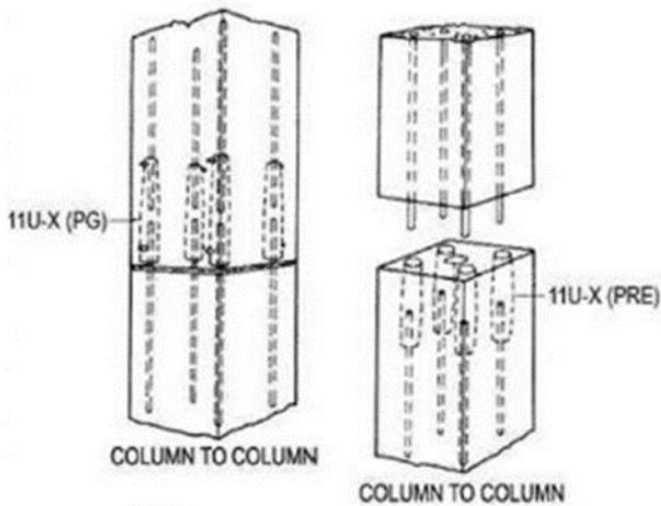
Dimana:

$M_n$  = kekuatan lentur nominal pada penampang

$M_{pr}$  = kekuatan lentur mungkin komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial

Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan *pile cap*, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran *pile cap*. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama. Akan tetapi, pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya.

Untuk metode penyambungan, penulis menggunakan referensi dari produk *coupler sleeve* dari NMB Splice Sleeve dan SS Mortar *grouting injection*. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (*wet connection*). Ilustrasi mengenai proses penyambungan antar kolom dengan menggunakan *coupler sleeve* dan *inject grouting* yang dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pemasangan Sambungan Kolom

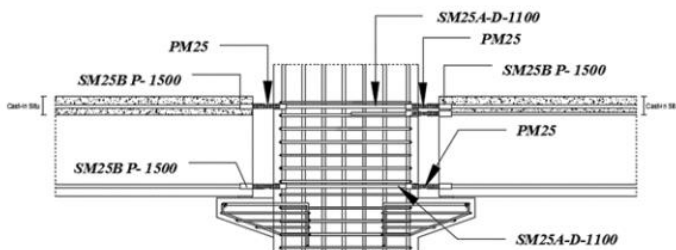
### 3.10.2 Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok – kolom yang tahan terhadap gempa (*seismic resistant*) dapat menggunakan sambungan basah pada balok dan kolom pracetak dapat menggantikan sambungan monolit biasa (Nimse, Joshi, & Patel, 2014).

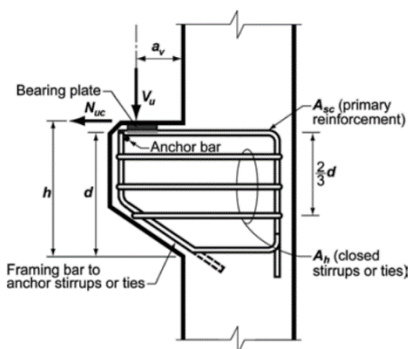
Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok – kolom terdapat dua kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari Peikko group yaitu dengan menggunakan Modix Rebar Couplers.



Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 16.5 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek. Konsol diilustrasikan seperti pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Gambar 3.9 Detail Penulangan Balok – Kolom



Gambar 3.10 Parameter Geometri Konsol Pendek

### 3.10.3 Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih komponen pelat pracetak, tetapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Demikian dengan

sambungan pada balok induk ke tangga. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.11.3. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.

#### **3.10.4 Sambungan Balok – Pelat**

Hal yang penting dalam sambungan termasuk sambungan balok – pelat ialah sambungan yang memiliki sifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak dapat tersalurkan dengan baik pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- a. Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- b. Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan.
- c. *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara pelat pracetak dengan balok pracetak.

#### **3.11 Perencanaan Basement**

*Basement* merupakan suatu ruang yang letaknya berada di bawah permukaan tanah. Dinding *basement*

sendiri berfungsi sebagai *retaining wall* atau dinding penahan tanah. Oleh karena itu, dinding *basement* harus dirancang sedemikian rupa agar kokoh dan kuat dalam menahan beban akibat tekanan tanah dan air. Ketebalan dinding beton *basement* minimal 190 mm sesuai dengan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.3.1.1.

Struktur *basement* direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan sistem cor dilokasi. Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut :

b. Penulangan Dinding *Basement*

Penulangan dinding *basement* dihitung sesuai dengan peraturan dalam ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.5.

c. Kontrol Ketebalan Dinding *Basement*

Ketebalan dinding *basement* dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 11.3.1.1.

d. Pelat Lantai *Basement*

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai *basement* dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 8.7.

### 3.12 Perencanaan Struktur

Dalam suatu bangunan, beban yang diterima oleh struktur atas akan disalurkan ke tanah melalui struktur bawah, yaitu pondasi. Secara umum, pondasi dibagi menjadi dua, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal merupakan pondasi yang sering digunakan untuk konstruksi bangunan sederhana dengan beban standar dan bentang pendek. Sedangkan pondasi dalam merupakan pondasi yang umum digunakan untuk konstruksi bangunan

yang kompleks seperti bangunan tingkat tinggi. Beberapa jenis dari pondasi dangkal ialah pondasi tapak, pondasi rollag bata, pondasi batu kali, dan pondasi raft. Sementara contoh dari pondasi dalam ialah pondasi tiang pancang dan pondasi *bore pile*.

Pada Tugas Akhir ini, penulis merencanakan menggunakan pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang dengan beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertikal menggunakan formula dari *Luciano Decourt*.

### 3.12.1 Daya Dukung Tiang Pancang Vertikal

Formula daya dukung tiang pancang vertikal yang diberikan oleh Luciano Decourt ialah seperti pada persamaan (3-55) sampai (3-58).

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3-55)$$

$$Q_p = N_P + K \quad (3-56)$$

$$Q_S = q_s A_s \quad (3-57)$$

$$Q_S = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (3-58)$$

### 3.12.2 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

Banyaknya kebutuhan tiang pancang yang akan digunakan pada perencanaan gedung ini berdasarkan pada persamaan (3-59) dan (3-60).

$$n = \frac{\sum Pu}{P_{ijin}} \quad (3-59)$$

$$S \geq \frac{1,57 (D)_{min} - 2D}{m + n - 2} \quad (3-60)$$

#### 3.12.2.1 Efisiensi Tiang Pancang

Efisiensi tiang pancang menggunakan formula Convera-Labarre pada persamaan (3-61).

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \quad (3-61)$$

Atau dapat pula diperhitungkan dengan menggunakan formula Seiler-Keeney pada persamaan (3-62).

$$\eta = \left( 1 - \frac{36S(m+1-2)}{(75S^2-7)(m+n-1)} \right) + \frac{0.3}{(m+n)} \quad (3-62)$$

### 3.12.2.2 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang

Kontrol kekuatan tiang pancang didasari pada persamaan (3-63) sampai (3-64)

$$P_{max} = \frac{\sum Pu}{n} + \frac{My X_{max}}{\sum x^2} + \frac{Mx Y_{max}}{\sum y^2} \quad (3-63)$$

$$P_{ult} = \text{efisiensi tiang} \times P_u \quad (3-64)$$

Dengan syarat bahwa;

$$P_{ult} \geq P_{perlu} \quad (3-65)$$

$$P_{ult} = P_{max} \quad (3-66)$$

### 3.12.2.3 Kontrol Geser Ponds pada Poer

Pada saat merencanakan ketebalan poer, ada syarat yang harus terpenuhi, yaitu kekuatan geser nominal harus lebih besar dari kekuatan geser ponds yang terjadi. Perhitungan kuat geser didasarkan pada ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019 pasal 22.6.5.2 dimana nilai kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari persamaan pada Tabel 3.19 berikut.

Tabel 3.19 Nilai  $V_c$  untuk *Two-Way Shear*

Yang terkecil dari	$0,33 \lambda \sqrt{f'c}$
	$0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c}$

	$0,083 \left( 2 + \frac{\alpha_s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f'c}$
--	--

Dimana:

$\beta$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

$b_0$  = *critical perimeter* pada poer  
 $= 2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$

$\alpha_s$  = 40 (untuk kolom interior)  
 = 30 (untuk kolom tepi)  
 = 20 (untuk kolom pojok)

Ketebalan dan ukuran poer dikatakan memenuhi syarat terhadap geser apabila persamaan (3-67) terpenuhi.

$$Pu < \phi Vc \quad (3-67)$$

### 3.13 Gambar Teknik

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan program bantu AutoCAD. Hasil penggambaran akan terlampir pada lampiran.

## **BAB IV PEMBAHASAN**

### **4.1 Metode Pelaksanaan**

Metode pelaksanaan yang digunakan pada perencanaan ini akan dijelaskan pada subbab 4.1.1 sampai dengan 4.1.5 sesuai dengan urutan pelaksanaan konstruksi Gedung Apartemen Tamansari Iswara yang dikhususkan pada pelaksanaan metode pracetak.

#### **4.1.1 Proses Produksi Elemen Pracetak**

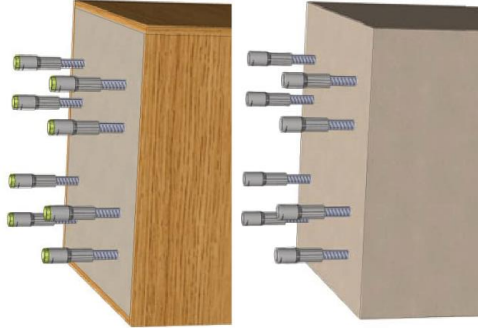
Elemen balok dan pelat pracetak yang diproduksi memiliki dimensi yang berbeda dengan dimensi elemen saat service. Hal ini bertujuan agar elemen-elemen tersebut dapat direksi pada tempat akhirnya dengan sesuai. Di samping itu, elemen-elemen pracetak ini juga diproduksi dalam bentuk *Half Slab* dan *Half Beam*. Berikut adalah ilustrasi daripada *Half Slab* pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Ilustrasi Half Slab Precast  
(Irawan, 2017)

Pada elemen pracetak yang akan diproduksi, sambungan yang berada di dalam elemen pracetak akan dicor bersamaan dengan elemen tersebut. Pada elemen balok pracetak, produk sambungan mekanis Peikko Modix

Rebar Coupler tertanam di dalam elemen balok. Pada elemen kolom pracetak, produk sambungan NMB Splice Sleeve tertanam di dalam elemen kolom. Berikut berturut adalah ilustrasi sambungan pada elemen balok pracetak dan elemen kolom pracetak pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Ilustrasi Sambungan pada Elemen Balok  
Pracetak  
(Modix Rebar Couplers, 2016)



Gambar 4.3 Ilustrasi Sambungan pada Elemen Kolom  
Pracetak  
(NMB Splice-Sleeve Systems, 2017)



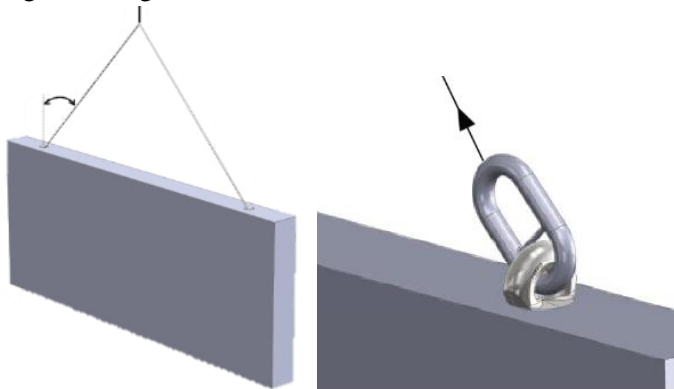
### 4.1.2 Transportasi Elemen Pracetak

Pemindahan beton pracetak di area pabrik dan area penampungan di proyek dilaksanakan pada hari ke 7 umur beton.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrik ke area akan menggunakan sarana angkut berupa truk. Truk yang digunakan pada pengangkutan adalah truk dengan lebar 2.4 m dan panjang 16 m.

### 4.1.3 Pengangkatan Elemen Pracetak

Pengangkatan elemen pracetak menggunakan sistem Jengka Lifting dari Peikko dengan tipe Jengka PSA Short Insert kait JL. Pada titik angkatnya, Jengka Short Insert dapat mengangkat beban yang beragam sesuai dengan profil dan sudut angkatnya. Pada Gambar 4.4 merupakan ilustrasi pengangkatan elemen pracetak menggunakan Jengka Lifting.



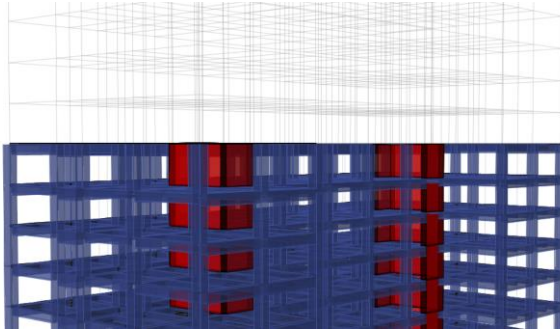
Gambar 4.4 Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pracetak menggunakan Jengka Lifting

### 4.1.4 Metode *Erection*

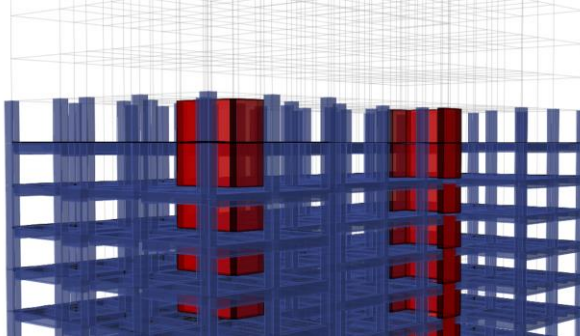
Metode erection merupakan proses penyusunan elemen pracetak menjadi kesatuan bangunan. Metode yang

digunakan pada perencanaan ini adalah metode horizontal, dimana proses *erection* dilaksanakan tiap satu lantai. Pemindahan dari penampungan sementara ke posisi akhir. Dilaksanakan pada umur 14 hari beton.

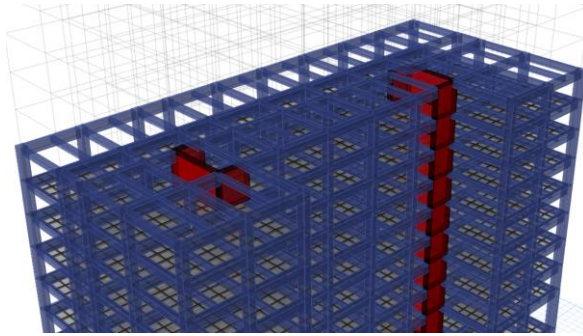
Pada Gambar 4.5 sampai dengan Gambar 4.8 merupakan ilustrasi urutan metode horizontal pada Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C).



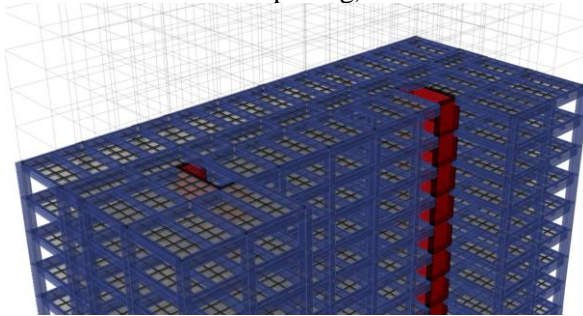
Gambar 4.5 Ilustrasi Metode Horizontal (Tahap Persiapan)



Gambar 4.6 Ilustrasi Metode Horizontal (Kolom Pracetak Terpasang)



Gambar 4.7 Ilustrasi Metode Horizontal (Balok Pracetak Terpasang)

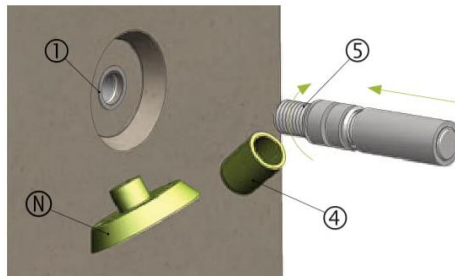


Gambar 4.8 Ilustrasi Metode Horizontal (Pelat Pracetak Terpasang)

#### 4.1.5 Penyambungan Elemen Pracetak

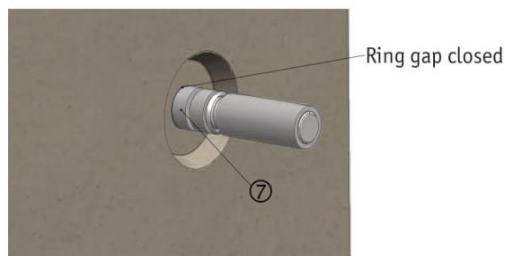
Pada sambungan balok, digunakan sambungan coupler untuk menyambungkan tulangan yang sudah ditanam pada elemen pracetak. Sambungan yang digunakan merupakan sambungan mekanis coupler dari Peikko Group dengan urutan pelaksanaan sambungan seperti berikut.

1. *Protective Cap* (N) dan (4) dilepaskan dari komponen sambungan SM A (1) dan komponen sambungan PM A (5). Ilustrasi seperti pada Gambar 4.9.



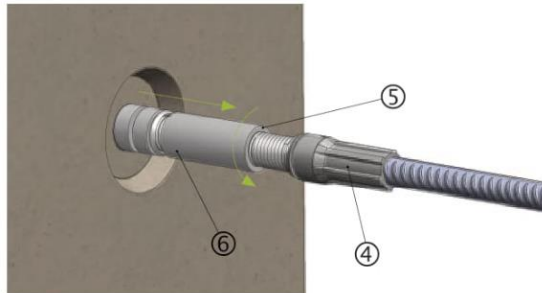
Gambar 4.9 Pemasangan Sambungan Balok (1)  
(Modix Rebar Couplers, 2016)

2. Elemen coupler PM A (5) dipasang dan dikencangkan pada sambungan SM A (1). Ilustrasi seperti pada Gambar 4.10.



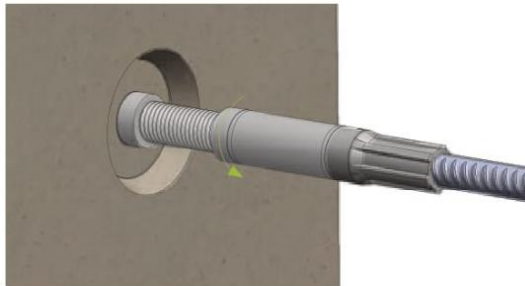
Gambar 4.10 Pemasangan Sambungan Balok (2)  
(Modix Rebar Couplers, 2016)

3. Elemen coupler PM A (5) yang telah terpasang disejajarkan dengan elemen coupler PM B (4). Ilustrasi seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pemasangan Sambungan Balok (3)  
(Modix Rebar Couplers, 2016)

4. Elemen coupler PM B (4) dikencangkan pada elemen coupler PM A (5) menggunakan *positioning sleeve* (6). Ilustrasi seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pemasangan Sambungan Balok (4)  
(Modix Rebar Couplers, 2016)

Setelah coupler terpasang, kemudian elemen pracetak akan dicor *overtopping* sehingga seluruh tulangan tertutup beton dan dimensi dari elemen pracetak akan sesuai dengan dimensi saat servis. Detail penyambungan lebih lanjut akan di bahas pada subbab 4.6.

## 4.2 Preliminary Design

### 4.2.1 Umum

*Preliminary design* merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur pada gedung. *Preliminary design* akan dilakukan pada komponen struktur balok anak, balok induk, slab, kolom, dan dinding geser.

### 4.2.2 Preliminary Design Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan berdasarkan;

$$h_{\min} = L / 21$$

$$b = 2h / 3$$

Dimana:

$$L = \text{Panjang balok}$$

$$h = \text{Tinggi balok}$$

$$b = \text{Lebar balok}$$

Berikut adalah contoh perhitungan pada dimensi balok anak BA 1,  $L = 6.10 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{6.1}{21} = 0.29$$

$$\approx 0.30 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0.30 = 0.20$$

$$\approx 0.20 \text{ m}$$

Dalam perencanaan beton pracetak, diutamakan dimensi elemen yang tipikal. Maka digunakan balok anak (BA 1) dengan dimensi 40/50 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok anak menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak

Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi minimum (cm)		Dimensi Balok (m)	
		h	b	h	b
BA 1	6.10	0.29	0.19	0.50	0.35
BA 2	5.65	0.26	0.18	0.45	0.35
BA 3	6.50	0.31	0.20	0.50	0.35

### 4.2.3 Preliminary Design Balok Induk

Dimensi balok anak direncanakan berdasarkan;

$$h_{\min} = L / 21$$

$$b = 2h / 3$$

Dimana;

L = Panjang balok

h = Tinggi balok

b = Lebar balok

Berikut adalah contoh perhitungan pada dimensi balok anak BI 2 dengan L = 6.10 m

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{6.1}{21} = 0.26$$

$$\approx 0.40 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0.26 = 0.18$$

$$\approx 0.30 \text{ m}$$

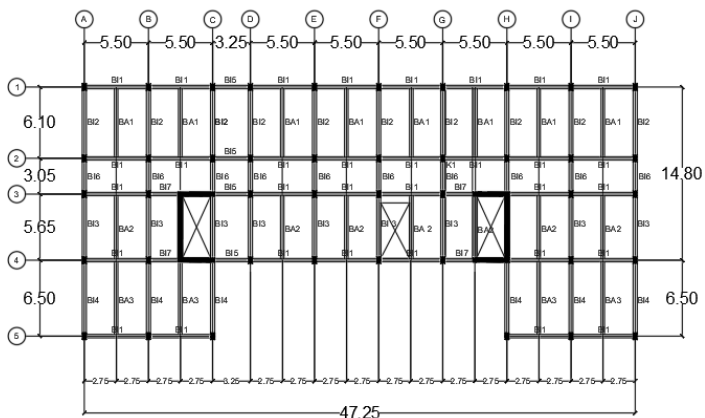
Dalam perencanaan beton pracetak, diutamakan dimensi elemen yang tipikal. Maka digunakan balok anak (BA 1) dengan dimensi 80/60 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok anak menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi minimum (cm)		Dimensi Balok (cm)	
		h	b	h	b
BI 1	5.50	26.19	17.46	80.00	60.00
BI 2	6.10	29.05	19.37	60.00	40.00
BI 3	5.65	26.90	17.94	60.00	40.00
BI 4	6.50	30.95	20.63	65.00	45.00
BI 5	3.25	15.48	10.32	90.00	60.00
BI 6	3.05	14.52	9.68	90.00	60.00
BI 7	2.75	13.10	8.73	90.00	60.00

Pada Gambar 4.1 berikut adalah denah daripada balok induk dan balok anak pada perencanaan ini.



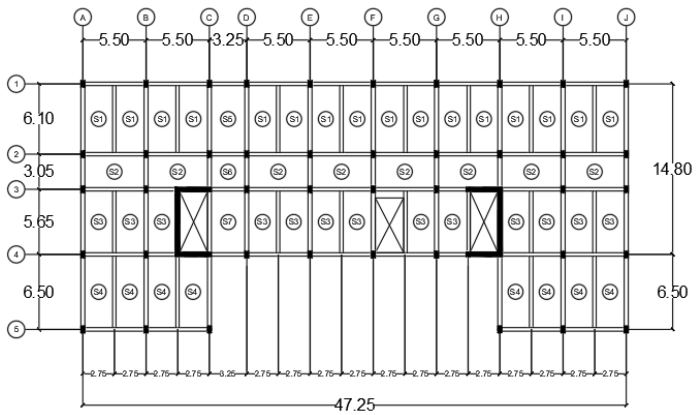
Gambar 4.13 Denah Balok Induk dan Balok Anak

#### 4.2.4 Preliminary Design Pelat

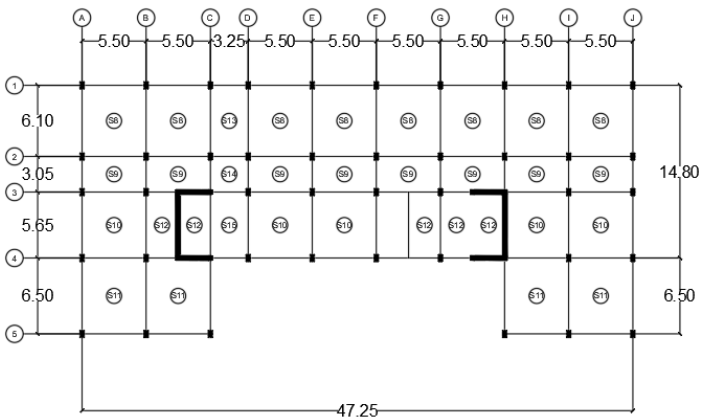
Pada tugas akhir ini, terdapat lima jenis pelat, yaitu pelat atap, pelat lantai lobby, pelat lantai huni, pelat basement 1, dan pelat basement 2. Pelat direncanakan sesuai



dengan denah pelat seperti pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.14 Denah Pelat



Gambar 4.15 Denah Pelat Basement 2

Untuk menjaga efisiensi kinerja sistem pracetak, pelat atap akan direncanakan sama dengan pelat lantai huni,

sedangkan pelat lantai lobby direncanakan sama dengan pelat basement 1. Hal tersebut dilakukan karena pembebanan dari jenis-jenis pelat ini tidak jauh berbeda. Pelat basement lantai 2 direncanakan menggunakan metode cor in situ.

Pada pelat pracetak ini terdapat 2 jenis pelat, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Kedua jenis pelat ini memerlukan perhitungan gaya dalam yang berbeda. Pelat satu arah merupakan pelat yang bekerja hanya pada satu arahnya, sedangkan pelat dua arah adalah pelat yang bekerja pada kedua sumbu arahnya. Hal tersebut ditentukan oleh konsekuensi rasio panjang/lebar pelat dan perletakan daripada pelatnya. Dalam hal ini, pelat S1, S2, S3, S4, S5, dan S7 merupakan pelat satu arah karena pelat yang digunakan merupakan pelat precast yang menumpu pada dua balok saja. Sedangkan pelat S6 merupakan pelat dua arah karena pelat yang digunakan merupakan pelat precast yang menumpu pada keempat sisinya dan memiliki rasio antara panjang dan lebar kurang daripada 2.

Berikut adalah contoh perhitungan pada perencanaan dimensi pelat satu arah (S1):

$$\text{Dimensi pelat} = 275 \times 610 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal pelat rencana} = 15 \text{ cm}$$

$$L_n = 610 - \left( \frac{35 + 35}{2} \right) = 572.5 \text{ cm}$$

$$S_n = 275 - \left( \frac{60 + 60}{2} \right) = 215 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{572,5}{215} = 2.66 > 2 \text{ (Pelat 1 Arah)}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{20} = \frac{225}{20} = 11.25 \text{ cm} < h_{\text{rencana}} \text{ (OK)}$$

Sedang pelat dua arah merupakan pelat yang menumpu pada keempat sisinya dengan rasio panjang dan lebarnya lebih kecil daripada 2. Pada pelat dua arah, beban

akan diteruskan pada setiap sisinya dengan distribusi seperti yang disyaratkan pada PBI 1983. Berikut adalah contoh perhitungan pelat dua arah (S6).

Perhitungan tebal pelat dua arah diawali perhitungan rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral. Berikut adalah contoh perhitungan pada sisi kiri pelat, yaitu balok BI 6.

$$\text{Tebal pelat rencana} = 15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Be}_1 &= bw + 2 (hw - tf) \\ &= 60 + 2 (90 - 15) \\ &= 210 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Be}_2 &= bw + 8 hf \\ &= 60 + 8 \times 15 \\ &= 180 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Be}_3 &= 0.25 \times L \\ &= 0.25 \times 265 \\ &= 66.25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Be}_{\text{pakai}} = 66.25 \text{ cm}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bf} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{66.25}{60} - 1\right) \left(\frac{15}{90}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{15}{90}\right) + 4 \left(\frac{15}{90}\right)^2 + \left(\frac{66.25}{60} - 1\right) \left(\frac{15}{90}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{122.5}{60} - 1\right) \left(\frac{15}{90}\right)}$$

$$K = 1.04$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 1.04 \times 60 \times 90^3$$

$$= 3,776,343.99 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{pelat}} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 305 \times \frac{15^3}{12}$$

$$= 85781.25 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}}$$

$$= \frac{1584161.93}{85781.25}$$

$$= 44.02$$

Dengan perhitungan yang sama didapatkan pula  $\alpha_m$  BI 5 sebesar 40.17. Sehingga didapatkan  $\alpha_{fm}$  rata-rata sebesar 42.01. Dikarenakan  $\alpha_{fm}$  didapatkan lebih dari 2, maka  $h_{\min}$  dapat dihitung seperti berikut:

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

$$= \frac{265 \left( 0.8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 9 \times 2}$$

$$= 6.37 \text{ cm} < 15 \text{ cm (OK)}$$

Preliminary desain pelat lantai secara keeseluruhan memenuhi persyaratan minimum sehingga dapat digunakan pelat lantai 15 cm. Berikut merupakan rekapitulasi *preliminary design* pelat lantai pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Pelat

Pelat Lantai dan Basement 1								
Tipe Pelat	Dimensi Pelat (cm)					Tipe Arah	Tebal (cm)	Tebal Rencana (cm)
	p	l	Ln	Sn	b			
S1	275	610	572.5	215	2.66	1	10.75	15
S2	550	305	490	245	2.00	1	9.98	15
S3	275	565	527.5	215	2.45	1	10.75	15
S4	275	650	610	215	2.84	1	10.75	15
S5	275	610	570	215	2.65	1	10.75	15
S6	325	305	265	245	1.08	2	6.37	15
S7	325	565	525	265	1.98	1	10.73	15

#### 4.2.5 Preliminary Design Kolom

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai. Pada gambar 4.3, terlihat kolom yang akan direncanakan akan memikul luasan pelat ukuran 5.5 x 6.075 m dari masing-masing seperempat luasan pelat yang menumpu.

Direncanakan data sebagai berikut:

Tebal Pelat = 15 cm

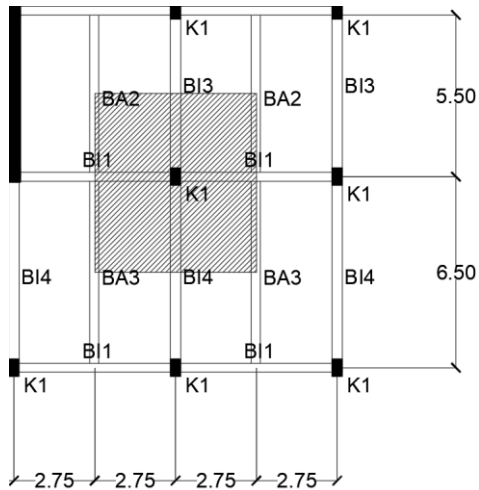
Tinggi Lantai 19 = 500 cm

Tinggi Lantai 3-18 = 310 cm

Tinggi Lantai 1-2 = 500 cm

Tinggi Lantai Basement = 310 cm

*Tributary area* pada kolom yang dihitung pada contoh perhitungan adalah seperti pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.16 Area Pembebanan Kolom

Pembebanan pada kolom didasarkan berdasarkan SNI 1727:2013 untuk beban hidup dan PPIUG untuk beban mati, yang diberikan pada setiap lantai perencanaan pembebanan. Pada perencanaan ini, direncanakan 6 jenis kolom, yaitu K1 untuk lantai 17 sampai 19, K2 untuk lantai 13 sampai 16, K3 untuk lantai 9 sampai 12, K4 untuk lantai 5 sampai 8, K5 untuk lantai 1 sampai 4, dan K6 untuk basement.

Menurut SNI 1727:2013 pasal 4.7, beban hidup diijinkan untuk direduksi dengan syarat komponen struktur memenuhi syarat berikut:

$$K_{LL}A_{T \min} = 37.16 \text{ m}^2$$

$$A_T = 33.41 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} = 4$$

$$K_{LL}A_T = 133.65 \text{ m}^2 > K_{LL}A_{T \min} \text{ (OK)}$$

Berikut adalah contoh perhitungan reduksi beban hidup pada pelat:

Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$R_1 = 0.8 \text{ (untuk } 600 \text{ ft} \geq A_T \geq 200 \text{ ft)}$$

$$R_2 = 1 \text{ (untuk atap datar)}$$

$$L_r = L_0 \times R_1 \times R_2 = 96 \times 0.6 \times 1 = 76.8 \text{ kg/m}^2$$

Reduksi beban hidup pelat lantai koridor

$$L_0 = 479 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 479 \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \geq 0.4 L_0$$

$$L = 479 \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{133.65}} \right) \geq 0.4 (479)$$

$$L = 309.10 \geq 191.60 \text{ kg/m}^2 \text{ (OK)}$$

Pada beban hidup kanopi tidak diperbolehkan dilakukan reduksi.

Pembebanan kolom yang ditinjau untuk *preliminary design* dijelaskan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Pembebanan Kolom

Pelat Lt. 20 (Atap)						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai 20 (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075	0.15	12028.50
Aspal	14	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		467.78
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075		701.66
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		367.54
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		233.89
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		1002.38
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	2.825	0.6	1627.20

BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	3.25	0.65	2281.50
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
W <sub>D</sub> =						27479.29
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Lantai atap	76.8	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		2566.08
Air Hujan	20	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		668.25
W <sub>L</sub> =						3234.33
<b>Pelat Lt. 19</b>						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075	0.15	12028.50
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		367.54
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		233.89
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		1002.38
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		801.90
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075		701.66
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	11.575		5	5787.50
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	2.825	0.6	1627.20
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	3.25	0.65	2281.50
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50



BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
W <sub>D</sub> =						33600.91
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Koridor Ruang	309.10	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		10327.83
W <sub>L</sub> =						10327.83
<b>Pelat Lt. 3-18</b>						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075	0.15	12028.50
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		367.54
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		233.89
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		1002.38
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		801.90
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075		701.66
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	11.575		3.1	3588.25
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	2.825	0.6	1627.20
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	3.25	0.65	2281.50
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
W <sub>D</sub> =						31401.66
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)

Koridor Ruang	309.10	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		10327.83
W <sub>L</sub> =						10327.83
<b>Pelat Lt. 2</b>						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075	0.15	12028.50
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		367.54
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		233.89
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		1002.38
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		801.90
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075		701.66
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	11.575		5	5787.50
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	2.825	0.6	1627.20
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	3.25	0.65	2281.50
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
W <sub>D</sub> =						33600.91
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Kanopi + Café	479.00	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		16004.59
W <sub>L</sub> =						16004.59
<b>Pelat Lt. 1</b>						

Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075	0.15	12028.50
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		233.89
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		1002.38
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		801.90
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075		701.66
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	11.575		3.5	4051.25
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	2.825	0.6	1627.20
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	3.25	0.65	2281.50
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
<b>W<sub>D</sub> =</b>						<b>31497.13</b>
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Lobby	309.10	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		10327.83
<b>W<sub>L</sub> =</b>						<b>10327.83</b>
<b>Pelat Basement Lt. 1</b>						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075	0.15	12028.50
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		233.89
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		1002.38

Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		801.90
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		701.66
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	2.75	0.8	3168.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	2.825	0.6	1627.20
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	3.25	0.65	2281.50
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.4125	0.45	533.93
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	1.625	0.5	682.50
<b>W<sub>D</sub> =</b>						<b>27445.88</b>
<b>Beban Hidup</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Basement	500.00	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		16706.25
<b>W<sub>L</sub> =</b>						<b>16706.25</b>
<b>Pelat Basement Lt. 2</b>						
<b>Beban Mati</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Pelat Lantai (40 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	6.075	0.4	32076.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		701.66
<b>W<sub>D</sub> =</b>						<b>32777.66</b>
<b>Beban Hidup</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Basement	500.00	kg/m <sup>2</sup>	5.5	6.075		16706.25
<b>W<sub>L</sub> =</b>						<b>16706.25</b>

Bedasarkan pembebanan di atas, berikut adalah contoh perhitungan kolom K1 yang menahan lantai 20 dengan asumsi dimensi 65 x 80 cm (A = 5200 cm<sup>2</sup>)

$$W_{DL} = W_{DL1} + \text{Self Load}$$

$$\begin{aligned}
 &= 27479 + 6240 \\
 &= 33719.29 \text{ Kg} \\
 W_{LL} &= 3234.33 \text{ Kg} \\
 1.2 W_{DL} + 1.6 W_{LL} &= 45638.07 \text{ Kg} \\
 f'_c &= 45 \text{ MPa} \\
 A &= \frac{W}{\phi f'_c} \\
 &= \frac{(39942.82)}{450 \times 0.65} \\
 &= 156.03 \text{ cm}^2 < 2000 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi dimensi *preliminary design* kolom dijelaskan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Preliminary Kolom												
Tipe Kolom	Bentang (m)	Lantai a	Dimensi Pakai (cm)		Beban (Kg)				$\phi$	Dimensi Kolom Minimum (cm)		
			h	b	SDL + Pelat	DL	LL	Total (1.2 D + 1.6 L)		A perlu	A pakai	Check
K1	5.00	19	65	80	27479.29	6240.00	3234.33	45638.07	0.65	156.03	5200.00	OK
K2	3.10	14 - 18	65	80	186686.85	25584.00	54873.49	342522.60	0.65	1171.02	5200.00	OK
K3	3.10	9 -13	65	80	343695.16	44928.00	106512.65	636768.03	0.65	2176.98	5200.00	OK
K4	3.10	3 - 8	65	80	532105.14	68140.80	168479.64	989862.55	0.65	3384.15	5200.00	OK
K5	5.00	1 - 2	70	90	597107.71	83260.80	194812.06	1128141.51	0.65	3856.89	6300.00	OK
K6	3.10	Basement	70	90	688828.38	92635.20	238552.39	1319440.11	0.65	4510.91	6300.00	OK

#### 4.2.6 Preliminary Design Dinding Geser dan Dinding Basement

Ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm. Dimensi dinding geser direncanakan sebagai berikut;

$$t_{\min} = L / 25$$

Dimana;

L = Panjang minimum penopang lateral

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$t_{\min} = \frac{L}{25} = \frac{500}{25} = 20 \text{ cm}$$

Sehingga berdasarkan perhitungan di atas direncanakan menggunakan dinding geser dengan tebal lebih dari tebal minimum yaitu 60 cm pada sumbu X dan 60 cm pada sumbu Y. Dengan perhitungan yang sama, maka dilakukan pula perhitungan pada Dinding Basement.

$$L = 310 \text{ cm}$$

$$t_{\min} = \frac{L}{25} = \frac{310}{25} = 12.4 \text{ cm}$$

Sehingga berdasarkan perhitungan di atas direncanakan menggunakan dinding geser dengan tebal lebih dari tebal minimum yaitu 25 cm.

### 4.3 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.3.1 Umum

Umumnya suatu gedung terbagi atas 2 komponen struktur, yaitu struktur primer dan sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, melainkan memiliki tegangan akibat beban yang terjadi pada bagian struktur tersebut. Subbab ini akan membahas mengenai mengenai perancangan struktur sekunder pada

Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) yang terdiri atas tangga, pelat lantai, balok lift, dan balok anak.

### 4.3.2 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan tangga ini, struktur dimodelkan sebagai sendi dan rol. Perletakan rol akan diletakan pada ujung bordes.

#### 4.3.2.1 Data Perencanaan

Pada gedung ini terdapat 2 tipe tangga, yaitu tangga dengan tinggi elevasi 3.1 m dan tangga dengan tinggi elevasi 5 m. Berikut adalah data perencanaan pada tangga 3.1 m:

Elevasi Lantai	= 3.1 m
Tinggi Bordes	= 1.55 m
Tinggi Injakan	= 0.17 m
Lebar Injakan	= 0.25 m
Jumlah anak tangga	= 9 anak tangga
Jumlah injakan	= 8 injakan
Sudut Kemiringan	= $\text{arc tan} \left( \frac{\text{Tinggi}}{\text{Lebar}} \right)$
	= 34.56 m
Tebal pelat tangga	= 0.14 m
Tebal pelat bordes	= 0.14 m
Tr	= $\frac{i}{2} \sin \alpha$
	= 7 cm
Tebal pelat rata-rata	= 7 cm + 14 cm
	= 22 cm
	= 0.22 m

Bedasarkan data perencanaan di atas dilakukan kontrol terhadap beberapa syarat untuk model tangga seperti berikut;

$$60 \leq (2t + i) \leq 65$$

$$60 \leq (35 + 25) \leq 65$$



$$\begin{aligned}
 60 &\leq 60 && \leq 65 && \text{(OK)} \\
 25^\circ &\leq \alpha && \leq 40^\circ \\
 25^\circ &\leq 34.56^\circ && \leq 40^\circ \\
 25^\circ &\leq 34.56^\circ && \leq 40^\circ && \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

Bedasarkan kontrol di atas, maka disimpulkan bahwa model tangga untuk ketinggian 3.1 m dapat digunakan. Selanjutnya diberikan data perencanaan untuk tangga dengan ketinggian 5 m.

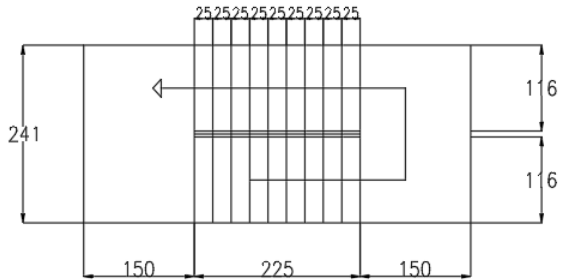
$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Lantai} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Bordes} &= 1.25 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Injakan} &= 0.14 \text{ m} \\
 \text{Lebar Injakan} &= 0.25 \text{ m} \\
 \text{Jumlah anak tangga} &= 9 \text{ anak tangga} \\
 \text{Jumlah injakan} &= 8 \text{ injakan} \\
 \text{Sudut Kemiringan} &= \text{arc tan} \left( \frac{\text{Tinggi}}{\text{Lebar}} \right) \\
 &= 34.56 \text{ m} \\
 \text{Tebal pelat tangga} &= 0.14 \text{ m} \\
 \text{Tebal pelat bordes} &= 0.14 \text{ m} \\
 \text{Tr} &= \frac{i}{2} \sin \alpha \\
 &= 7 \text{ cm} \\
 \text{Tebal pelat rata-rata} &= 7 \text{ cm} + 14 \text{ cm} \\
 &= 22 \text{ cm} \\
 &= 0.22 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bedasarkan data perencanaan di atas dilakukan kontrol terhadap beberapa syarat untuk model tangga seperti berikut;

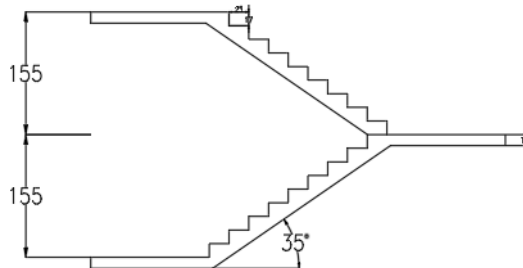
$$\begin{aligned}
 60 &\leq (2t + i) && \leq 65 \\
 60 &\leq (35 + 25) && \leq 65 \\
 60 &\leq 60 \leq 65 && \text{(OK)} \\
 25^\circ &\leq \alpha && \leq 40^\circ \\
 25^\circ &\leq 34.56^\circ && \leq 40^\circ \\
 25^\circ &\leq 34.56^\circ && \leq 40^\circ && \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

Bedasarkan kontrol di atas, maka disimpulkan bahwa model tangga untuk ketinggian 3.1 m dapat digunakan.

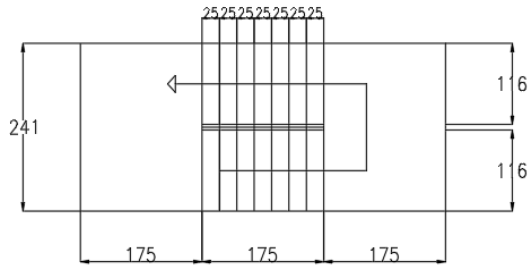
Tangga akan direncanakan seperti sketsa pada Gambar 4.5 sampai dengan 4.8.



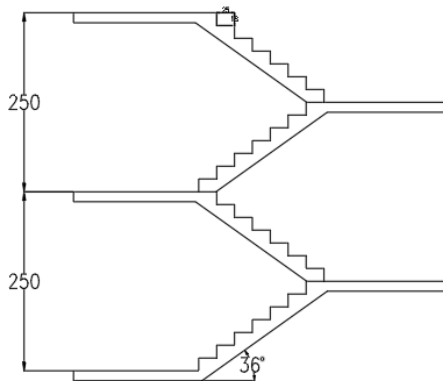
Gambar 4.17 Denah Tangga 3.1 m



Gambar 4.18 Potongan Tangga 3.1 m



Gambar 4.19 Denah Tangga 5 m



Gambar 4.20 Potongan Tangga 5 m

#### 4.3.2.2 Pembebanan Anak Tangga dan Bordes

##### 1. Pembebanan anak tangga

###### a. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Pelat Tangga} &= 2400 \times 0.22 / \cos \alpha \\ &= 2400 \times 0.22 / \cos 36^\circ \\ &= 648.86 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Tegel} &= 2400 \times 0.01 \\ &= 24 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Spesi} &= 2100 \times 0.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 42 \text{ kg/m} \\
 \text{Tegel Vertikal} &= 2400 \times 0.01 \times \frac{1.55}{2.25} \\
 &= 16.53 \text{ kg/m} \\
 \text{Spesi Vertikal} &= 2100 \times 0.02 \times \frac{1.55}{2.25} \\
 &= 28.93 \text{ kg/m} \\
 \text{Sandaran} &= 50 \text{ kg/m} \\
 \text{Total} &= 802.63 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\text{Q live} = 479 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi pembebanan

$$1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} = 1729.55 \text{ kg/m}$$

$$\text{Qu1} = 1729.55 \text{ kg/m}$$

2. Pembebanan plat bordes

a. Beban Mati

$$\text{Beban Sendiri} = 2400 \times 0.14$$

$$= 336 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Tegel} = 2400 \times 0.01$$

$$= 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 2100 \times 0.02$$

$$= 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 402 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup

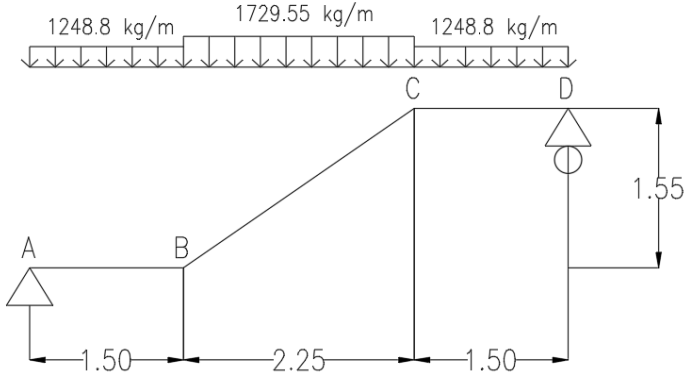
$$\text{Q live} = 479 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} = 1248.8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Qu2} = 1248.8 \text{ kg/m}$$

### 4.3.2.3 Reaksi dan Gaya Dalam pada Tangga



Gambar 4.21 Pembebanan Tangga 3.1 m

#### 1. Reaksi Perletakan

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ &= (RD \times 5.25) - (Qu_2 \times 0.5 \times 1.5^2) - (Qu_1 \\ &\quad \times 2.25 \times (2.25/2 + 1.5)) - (Qu_2 \times 1.5 \times \\ &\quad (1.5/2 + 2.25 + 1.5)) \\ &= (RD \times 5.25) - (1248.8 \times 0.5 \times 1.5^2) - \\ &\quad (1729.55 \times 2.25 \times (2.25/2 + 1.5)) - (1248.8 \\ &\quad \times 1.5 \times (1.5/2 + 2.25 + 1.5))\end{aligned}$$

$$RD = 3818.94 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\sum M_D &= 0 \\ &= (RA \times 5.25) - (1248.8 \times 0.5 \times 1.5^2) - (Qu_1 \\ &\quad \times 2.25 \times (2.25/2 + 1.5)) - (Qu_2 \times 1.5 \times \\ &\quad (1.5/2 + 2.25 + 1.5)) \\ &= (RA \times 5.25) - (1729.55 \times 0.5 \times 1.5^2) - \\ &\quad (1684.23 \times 2.25 \times (2.25/2 + 1.5)) - (1248.8 \\ &\quad \times 1.5 \times (1.5/2 + 2.25 + 1.5))\end{aligned}$$

$$RA = 3818.94 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ &= RA + RD\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3818.94 + 3818.94 \\
 &= 7637.89 \text{ kg} \\
 &= Qu_1 \times 2.25 + 2 \times 1.875 \times Qu_2 \\
 &= 1729.55 \times 2.25 + 2 \times 1.875 \times 1248.8 \\
 &= 7637.89 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Normal (Diagram N)

Pada Bordes AB dan CD

$$N = 0 \text{ kg}$$

Pada Pelat Tangga BC

$$N_x = (-R_a + Qu_2 \times 1.5 + Qu_1(x)) \sin \alpha$$

$$N_x = (-3818.94 + 1248.8 \times 1.5 + 1729.55 (x)) \sin 36^\circ$$

$$N_B = -1103.83 \text{ kg}$$

$$N_C = 1103.83 \text{ kg}$$

3. Gaya Lintang (Diagram D)

Pada Bordes AB

$$D_x = R_a - Qu_2 (x)$$

$$D_x = 3818.94 - 1248.8 (x)$$

$$D_A = 3818.94 \text{ kg}$$

$$D_B \text{ kiri} = 1009.15 \text{ kg}$$

Pada Pelat Tangga BC

$$D_x = (R_a - Qu_2 \times 1.5 - Qu_1(x)) \cos \alpha$$

$$D_x = (3818.94 - 1248.8 \times 1.5 - 1729.55 x) \cos 36^\circ$$

$$D_B \text{ kanan} = 1602.33 \text{ kg}$$

$$D_C \text{ kiri} = -1602.33 \text{ kg}$$

Pada Bordes CD

$$D_x = -R_d + Qu_2 (x)$$

$$D_x = -3818.94 + 1248.8(x)$$

$$D_D = -3818.95 \text{ kg}$$

$$D_C \text{ kanan} = -1945.75 \text{ kg}$$

4. Gaya Momen (Diagram M)

Pada Bordes AB

$$M_x = R_a (x) - Qu_2 \times 0.5 \times 1.5^2$$

$$M_x = 3818.95 (x) - 1248.8 \times 0.5 \times 1.5^2$$

$$M_A = 0.00 \text{ kgm}$$

$$M_B \text{ kiri} = 4323.52 \text{ kgm}$$

Pada Pelat Tangga BC

$$\begin{aligned} M_x &= R_d \times (1.5 + (x)) - Q_{u2} \times 1.5 \times \\ &\quad (1.5/2 + (x)) - Q_{u1} \times 0.5 \times (x^2) \\ &= 3818.95 \times (1.5 + (x)) - 1248.8 \times \\ &\quad 1.5 \times (1.5/2 + (x)) - 1729.55 \times 0.5 \\ &\quad \times (x^2) \end{aligned}$$

$$M_B \text{ kanan} = 4323.52 \text{ kgm}$$

$$M_C \text{ kiri} = 4323.52 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen Max} = 5418.00 \text{ kgm} (x = 1.125 \text{ m})$$

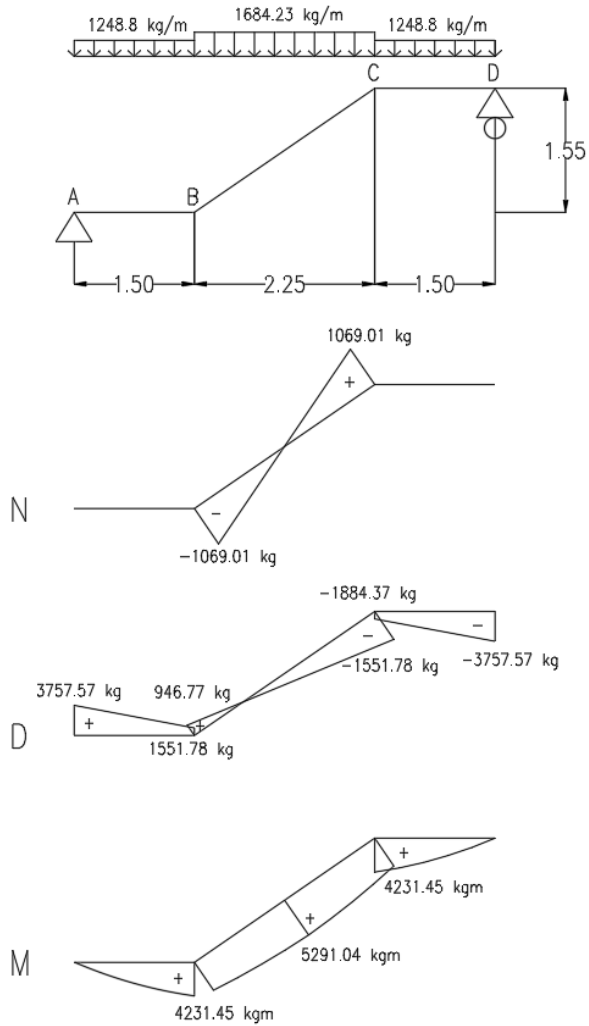
Pada Bordes CD

$$M_x = R_d (x) - 0.5 \times Q_{u2} (x^2)$$

$$M_x = 3818.95 (x) - 0.5 \times 1248.8 (x^2)$$

$$M_D = 0.00 \text{ kgm}$$

$$M_C \text{ Kanan} = 4323.52 \text{ kg}$$



Gambar 4.22 Gaya Dalam Tangga 3.1 m



### 4.3.2.3 Perhitungan Tulangan Tangga

#### 1. Pelat Anak Tangga

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_x &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D/2) \\ &= 140 - 20 - (16/2) \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= 0.0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\ &= \frac{420}{0.85 (35)} \\ &= 14.12 \end{aligned}$$

#### a. Tulangan Longitudinal

$$M_u = 5418.00 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{5418.00 \times 9.81 \times 1000}{0.90 \times 1000 \times 112^2} \\ &= 4.71 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 4.71}{420}} \right)$$

$$= 0.0122$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0122 > \rho_{\text{min}}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0.0122 \times 1000 \times 112$$

$$= 1374.52 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{max}} = 2t_{\text{pelat}}$$

$$= 280 \text{ mm}$$

$$s = b \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ perlu}}}$$

$$= 1000 \frac{0.25 \pi 16^2}{1374.52}$$

$$= 142.86 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$= 18.90 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{18.90}{0.80}$$

$$= 23.63 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0.024 > 0.005 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan longitudinal D16-100 mm

b. Tulangan Bagi

$$A_{s \text{ bagi}} = 0.2 A_{s \text{ perlu}}$$

$$= 281.49 \text{ mm}^2$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 2t_{\text{pelat}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 280 \text{ mm} \\
 s &= b \frac{A_{stulangan}}{A_{sperlu}} \\
 &= 279 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan bagi D10-200 mm

c. Tulangan Susut

$$\rho_{pakai} = 0.0018$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 112 \\
 &= 224 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\max} &= 5d \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s = 333.33 \text{ mm} < s_{\max} \text{ (OK)}$$

$$S_{pakai} = 300 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm

2. Pelat Bordes

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d_x &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D/2) \\
 &= 140 - 20 - (16/2) \\
 &= 112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\
 &= 0.80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= 0.0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{420}{0.85 (35)} \\
 &= 14.12
 \end{aligned}$$

a. Tulangan Longitudinal

$$M_u = 4323.51 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= 3.757
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= 0.00959
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00959 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 1074.61 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= b \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= 166.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 18.90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{18.90}{0.80} \\
 &= 23.63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 0.024 > 0.005 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan longitudinal D16-125 mm

b. Tulangan Bagi

$$A_s \text{ bagi} = 0.2 A_s \text{ perlu} \\ = 241.27 \text{ mm}^2$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$s = b \frac{A_{stulangan}}{A_{sperlu}} \\ = 1000 \frac{0.25 \pi 10^2}{241.27} \\ = 250 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 220 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan bagi D10-250 mm

c. Tulangan Susut

$$\rho_{pakai} = 0.0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d \\ = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$s_{\max} = 5d \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ = 450 \text{ mm}$$

$$s = b \frac{A_{stulangan}}{A_{sperlu}} \\ = 1000 \frac{0.25 \pi 10^2}{78.54} \\ = 333.33 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 300 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, rekapitulasi tulangan dijelaskan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Bagian	Elemen	Tulangan		
		Lentur	Bagi	Susut
Tangga (3.1m)	Pelat Tangga	D16 - 100 mm	D10 - 200 mm	D10 - 250 mm
	Pelat Bordes	D16 - 125 mm	D10 - 250 mm	D10 - 300 mm
Tangga (5m)	Pelat Tangga	D16 - 100 mm	D10 - 200 mm	D10 - 250 mm
	Pelat Bordes	D16 - 150 mm	D10 - 250 mm	D10 - 300 mm

### 4.3.3 Perencanaan Pelat

Pada subbab ini, akan dibahas perhitungan pelat yang menggunakan metode pracetak, yaitu lantai dan pelat basement 1.

Pelat yang digunakan adalah pelat *half slab* dengan *overtopping* sebesar 5 cm. Dalam perencanaan ini terdapat 7 tipe pelat yang terbagi atas beberapa segmen. Hal ini dilakukan agar proses instalasi menjadi lebih mudah.

Perencanaan pelat didasarkan pada 3 kondisi, yaitu kondisi pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit.

#### 1. Kondisi Pengangkatan

Keadaan ini terjadi saat instalasi *half slab* pada titik kerja elemen. Pengangkatan dilakukan pada kekuatan beton sebesar 25 MPa.

#### 2. Kondisi Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat sebelum dilakukannya *overtopping* dimana komponen pracetak belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat diasumsikan perletakan bebas pada

kondisi ini. Proses ereksi dilakukan pada kekuatan beton sebesar 30 MPa.

### 3. Kondisi Setelah Komposit

Keadaan ini terjadi setelah dilakukannya *overtopping*, dimana elemen pelat telah secara penuh bekerja Bersama dalam memikul pelat.

Penulangan yang digunakan selanjutnya adalah penulangan paling kritis yang didapatkan pada kondisi ketiga kondisi di atas. Selain itu, perlu pula dilakukan perencanaan tulangan angkat untuk pelat pracetak.

Contoh perhitungan akan diberikan untuk kedua jenis pelat ini, dimana untuk pelat satu arah akan menggunakan pelat S1 sedangkan untuk pelat dua arah akan menggunakan pelat S6. Untuk perhitungan penulangan akan digunakan contoh penulangan pelat satu arah dikarenakan tidak ada perbedaan metode perhitungan untuk pelat satu arah dan pelat dua arah.

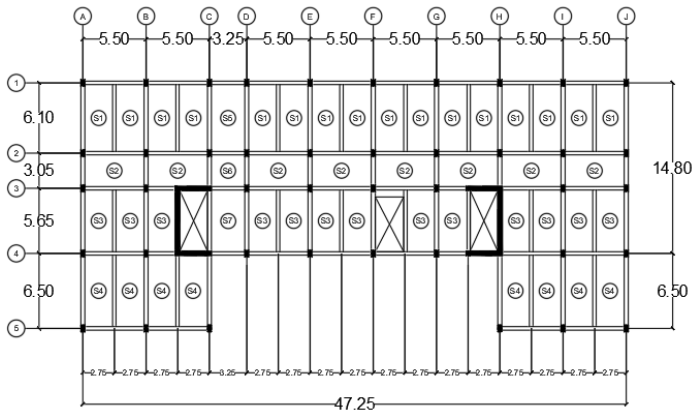
#### 4.3.3.1 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan untuk contoh perhitungan pelat satu arah (S1) adalah sebagai berikut:

Tebal Pelat <i>Half Slab</i>	= 10 cm
Tebal Pelat <i>Full Slab</i>	= 15 cm
Mutu Beton ( $f'c$ )	= 35 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 420 MPa
Tebal <i>Cover</i>	= 40 mm
Diameter Tulangan	= 10 mm
Jarak serat ke tul. X	= 55 mm
Jarak serat ke tul. Y	= 45 mm
Panjang Pelat	= 610 cm
Lebar Pelat	= 275 cm

Data perencanaan untuk contoh perhitungan pelat dua arah (S6) adalah sebagai berikut adalah sebagai berikut:

Tebal Pelat <i>Half Slab</i>	= 10 cm
Tebal Pelat <i>Full Slab</i>	= 15 cm
Mutu Beton ( $f'c$ )	= 35 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 420 MPa
Tebal <i>Cover</i>	= 40 mm
Diameter Tulangan	= 10 mm
Jarak serat ke tul. X	= 55 mm
Jarak serat ke tul. Y	= 45 mm
Panjang Pelat	= 325 cm
Lebar Pelat	= 305 cm



Gambar 4.23 Denah Pelat

Pada perencanaan elemen pelat pracetak, pelat *halfslab* akan direksi secara segmental. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi gaya dalam yang terjadi saat pengangkatan dan kapasitas crane yang diperlukan akibat dimensi yang terlalu besar.

Rekapitulasi pembagian segmen pada pelat dijelaskan pada Tabel 4.7.



Tabel 4.7 Rekapitulasi Segmen Pelat

Tipe Pelat	Segmen	Dimensi (cm)				Tebal Half (cm)
		p	l	ln	sn	
S1	S1a	305.00	275.00	296.25	225.00	10.00
	S1b	305.00	275.00	296.25	225.00	10.00
S2	S2	275.00	305.00	255.00	255.00	10.00
	S2	275.00	305.00	255.00	255.00	10.00
S3	S3a	282.50	275.00	273.75	225.00	10.00
	S3b	282.50	275.00	273.75	225.00	10.00
S4	S4a	325.00	275.00	315.00	225.00	10.00
	S4b	325.00	275.00	315.00	225.00	10.00
S5	S5	305.00	275.00	295.00	225.00	10.00
	S5	305.00	275.00	295.00	225.00	10.00
S6	S6	325.00	305.00	275.00	255.00	10.00
S7	S7	282.50	325.00	272.50	275.00	10.00
	S7	282.50	325.00	272.50	275.00	10.00

#### 4.3.3.2 Pembebanan Pelat

Pelat perencanaan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) berdasarkan PPIURG dan SNI 1726:2013 sesuai dengan fungsi berdasarkan denah apartemen.

1. Pelat Lantai
  - a. Sebelum Komposit
 

Beban Mati ( $q_D$ )

Pelat Lantai =  $2400 \times 0.10 = 240 \text{ kg/m}^2$

Overtopping =  $2400 \times 0.05 = 120 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup ( $q_L$ )

Beban Pekerja =  $100 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi Beban

$1.2 q_D + 1.6 q_L = 592 \text{ kg/m}^2$
  - b. Setelah Komposit
 

Beban Mati ( $q_D$ )

Pelat Lantai	= 2400 x 0.15	= 360 kg/m <sup>2</sup>
Plafon		= 11 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung		= 7 kg/m <sup>2</sup>
<i>Ducting and Plumbing</i>		= 30 kg/m <sup>2</sup>
Keramik		= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (1 cm)		= 21 kg/m <sup>2</sup>
Beban Hidup (q <sub>L</sub> )		
Kamar		= 192 kg/m <sup>2</sup>
Kombinasi Beban		
1.2 q <sub>D</sub> + 1.6 q <sub>L</sub>		= 851 kg/m <sup>2</sup>
2. Pelat Basement 1		
a. Sebelum Komposit		
Beban Mati (q <sub>D</sub> )		
Pelat Lantai	= 2400 x 0.25	= 600 kg/m <sup>2</sup>
Overtopping	= 2400 x 0.05	= 120 kg/m <sup>2</sup>
Beban Hidup (q <sub>L</sub> )		
Beban Pekerja		= 100 kg/m <sup>2</sup>
Kombinasi Beban		
1.2 q <sub>D</sub> + 1.6 q <sub>L</sub>		= 2205.2 kg/m <sup>2</sup>
b. Setelah Komposit		
Beban Mati (q <sub>D</sub> )		
Pelat Lantai	= 2400 x 0.30	= 720 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (1 cm)		= 21 kg/m <sup>2</sup>
Beban Hidup (q <sub>L</sub> )		
Lantai Basement		= 800 kg/m <sup>2</sup>
Kombinasi Beban		
1.2 q <sub>D</sub> + 1.6 q <sub>L</sub>		= 851 kg/m <sup>2</sup>

#### 4.3.3.3 Perhitungan Tulangan Pelat

Pada perhitungan pelat, pelat satu arah dan pelat dua arah memiliki perhitungan momen yang berbeda. Perhitungan momen ultimit pada pelat satu arah saat

sebelum dan setelah komposit akan menggunakan perhitungan momen pada perletakan sederhana dikarenakan momen diasumsikan bekerja sejajar sumbu terpendek. Sedangkan saat pengangkatan akan menggunakan perhitungan untuk pengangkatan 4 titik.

Contoh perhitungan momen pada pelat satu arah (S1) pada lantai adalah sebagai berikut:

1. Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} q_{\text{Pakai}} &= 592 \text{ kg/m} \\ M_{ux} &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 \\ &= 374.625 \text{ kgm} / \text{m}^1 \end{aligned}$$

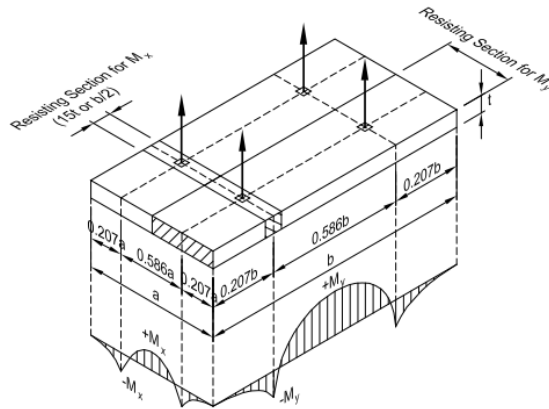
$$M_{uy} = 0 \text{ kgm}$$

2. Setelah Komposit

$$\begin{aligned} q_{\text{Pakai}} &= 851 \text{ kg/m} \\ M_{ux} &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 \\ &= 804.271 \text{ kgm} / \text{m}^1 \end{aligned}$$

$$M_{uy} = 0 \text{ kgm}$$

3. Saat Pengangkatan (4 point pick up)



Gambar 4.24 Momen Pengangkatan 4 Titik

$a$	= Panjang Segmen	= 2.25 m
$b$	= Lebar Segmen	= 2.9625 m
$M_x$	= $0.0207wa^2b$	= 85.19 kgm
$M_y$	= $0.0207wab^2$	= 64.70 kgm

Perhitungan momen ultimit pada pelat dua arah sebelum komposit akan dihitung menggunakan perhitungan yang sama seperti pada pelat satu arah, yaitu perhitungan momen dengan perletakan sederhana. Namun perhitungan momen ultimit setelah komposit akan mengacu pada rumus pada PBI 1971 tabel 13.3.1 dikarenakan momen bekerja sepanjang kedua sumbu. Sedangkan saat pengangkatan akan menggunakan perhitungan untuk pengangkatan 4 titik.

Contoh perhitungan momen pada pelat dua arah (S6) pada pelat lantai dan atap adalah sebagai berikut:

1. Sebelum Komposit

$$q_{\text{Pakai}} = 592 \text{ kg/m}$$

$$M_{ux} = \frac{1}{8} \times q \times l_x^2$$

$$= 781.63 \text{ kgm} / \text{m}^1$$

$$M_{uy} = 0 \text{ kgm}$$

## 2. Setelah Komposit

$$q_{\text{Pakai}} = 851 \text{ kg/m}$$

$$X_x (+) = 25 \quad (\text{Tabel 13.3.1 PBI 1971})$$

$$X_x (-) = 59 \quad (\text{Tabel 13.3.1 PBI 1971})$$

$$X_y (+) = 21 \quad (\text{Tabel 13.3.1 PBI 1971})$$

$$X_y (-) = 54 \quad (\text{Tabel 13.3.1 PBI 1971})$$

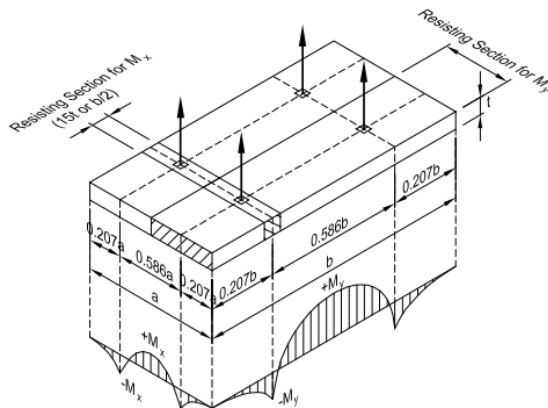
$$M_{ux} = 0.001 \times q \times l^2 \times X_x$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 0.001 \times 851 \times 610^2 \times 59 \\ &= 816.37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{uy} = 0.001 \times q \times l^2 \times X_y$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 0.001 \times 851 \times 275^2 \times 54 \\ &= 747.19 \text{ kgm} \end{aligned}$$

## 3. Saat Pengangkatan (4 point pick up)



Gambar 4.25 Momen Pengangkatan 4 Titik

$$a = \text{Panjang Segmen} = 2.85 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \text{Lebar Segmen} &= 2.15 \text{ m} \\
 M_x &= 0.0107wa^2b &= 74.23 \text{ kgm} \\
 M_y &= 0.0107wab^2 &= 68.62 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Sehingga sesuai dengan perhitungan momen di atas, maka didapatkan rekapitulasi momen pada pelat seperti yang disampaikan pada Tabel 4.8 berikut.

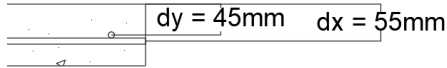
Tabel 4.8 Rekapitulasi Momen pada Pelat

<b>Pelat Lantai</b>						
Tipe Pelat	Tipe Arah	Sebelum Komposit	Setelah Komposit		Penggangkatan	
		Mux (kgm)	Mux (kgm)	Muy (kgm)	Mux (kgm)	Muy (kgm)
S1	1	374.63	804.27	0.00	85.19	64.70
S2	1	481.19	1523.28	0.00	71.54	71.54
S3	1	559.63	1238.36	0.00	94.68	92.17
S4	1	559.63	1238.36	0.00	125.32	106.04
S5	1	559.63	1238.36	0.00	110.37	99.51
S6	2	781.63	816.38	747.19	74.23	68.62
S7	1	781.63	1729.61	0.00	111.90	128.73
<b>Pelat Basement 1</b>						
Tipe Pelat	Tipe Arah	Sebelum Komposit	Setelah Komposit		Penggangkatan	
		Mux (kgm)	Mux (kgm)	Muy (kgm)	Mux (kgm)	Muy (kgm)
S1	1	559.63	1222.48	0.00	85.19	64.70
S2	1	481.19	1503.75	0.00	71.54	71.54
S3	1	559.63	1222.48	0.00	94.68	92.17
S4	1	559.63	1222.48	0.00	125.32	106.04
S5	1	559.63	1222.48	0.00	110.37	99.51
S6	2	781.63	805.91	737.61	74.23	68.62
S7	1	781.63	1707.43	0.00	111.90	128.73

Setelah didapatkan momen yang terjadi pada pelat, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan penulangan pada pelat. Contoh perhitungan akan dilakukan pada pelat S2 Basement 1.

## 1. Sebelum Komposit

Pelat sebelum komposit direncanakan sesuai dengan penampang half slab pada Gambar 4.14.



Gambar 4.26 Penampang Half Slab

## a. Penulangan Arah X

$$M_u = 481.185 \text{ kgm}$$

$$D \text{ tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{688.39 \times 10000}{\phi \times 1000 \times 45^2} \\ &= 2.53 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\ &= \frac{420}{0.85 \times 30} \\ &= 16.47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16.47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.47 \times 2.53}{420}} \right) \\ &= 0.0044 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \frac{420}{f_y}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0044$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0044 \times 1000 \times 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 240.08 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 3 \times 150 \\
 &= 300 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 300 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{\text{stulangan}}}{A_{\text{s(perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{78.54}{240.08} \\
 &= 327.14 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= \frac{350 \times 420}{0.85 \times 30 \times 1000} \\
 &= 3.38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{3.38}{0.8} \\
 &= 4.21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.05 > 0.005 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan arah X D10-300 mm

b. Penulangan Arah Y

D tulangan = 10 mm

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 &= 0.0018
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{s perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 55 \\
 &= 81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

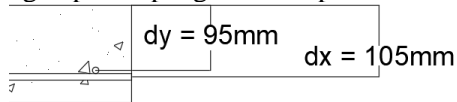


$$\begin{aligned}
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 300 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\
 \text{Shasi 1} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ (perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{78.54}{81} \\
 &= 969.62 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan arah Y D10-300 mm

## 2. Setelah Komposit

Pelat setelah komposit direncanakan sesuai dengan penampang full slab pada Gambar 4.15.



Gambar 4.27 Penampang Full Slab

### a. Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 D \text{ tulangan} &= 10 \text{ mm} \\
 M_u &= 1503.74 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u \times 10000}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{1503.74}{\phi 1000 45^2} \\
 &= 1.52 \text{ MPa} \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\
 &= 14.12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.52}{420}} \right) \\ &= 0.0037\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \frac{420}{f_y}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0037$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0037 \times 1000 \times 95 \\ &= 389.04 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{max1}} &= 3h \\ &= 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{max2}} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ (perlu)}} \\ &= 1000 \times \frac{78.53}{389.04} \\ &= 201.87 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

**Kontrol Regangan:**

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\ &= 5.49 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= 6.86 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.07 > 0.005 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan arah X D10-200 mm

b. Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 D \text{ tulangan} &= 10 \text{ mm} \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f_r c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\
 &= 14.12 \\
 \rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 \rho_{\min} &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0018 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 105 \\
 &= 171 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ (perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{78.53}{171} \\
 &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

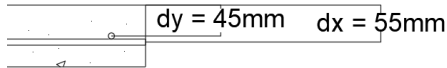
Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 2.41 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= 3.01 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.15 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan arah X D10-450 mm

### 3. Saat Pengangkatan

Pelat saat pengangkatan direncanakan sesuai dengan penampang half slab pada Gambar 4.16.



Gambar 4.28 Penampang Half Slab

a. Penulangan Arah Y

D tulangan = 10 mm

$M_u$  = 71.53 kgm

$\phi$  = 0.90

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{71.53 \times 10000}{\phi 1000 55^2} \\ &= 0.26 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\ &= \frac{420}{0.85 \times 25} \\ &= 19.76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19.76} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19.76 \times 0.26}{420}} \right) \\ &= 0.0063 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \frac{420}{f_y}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 99 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 300 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ (perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{78.53}{99} \\
 &= 793.33 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 1.95 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= 2.30 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.11 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan arah X D10-300 mm

b. Penulangan Arah X

D tulangan = 10 mm

$$M_u = 110.366 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{110.366 \times 10000}{\phi \times 1000 \times 45^2} \\
 &= 0.61 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 25} \\
 &= 19.76
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{19.76} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19.76 \times 0.61}{420}} \right) \\
 &= 0.0015 \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0018 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\
 &= 81 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{max1}} &= 3h \\
 &= 300 \text{ mm} \\
 S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ (perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{78.53}{81} \\
 &= 969.63 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 1.60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= 1.88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.11 > 0.005 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan arah X D10-300 mm

c. Tulangan Angkat (Tegangan Izin)

Untuk pengangkatan pracetak pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan empat titik angkat.

$$\begin{aligned}
 K &= 1.2 \\
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times a \times b \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 1560.6 \text{ kg} \\
 q &= K \times 1.4DL \\
 &= 1.2 \times 1.4 \times 1560.6 \\
 &= 2621.81 \text{ kg} \\
 T_u &= \frac{q}{4} \\
 &= \frac{2621.81}{4} \\
 &= 655.45 \text{ kg} \\
 \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{SF} \\
 &= \frac{0.7 \sqrt{25}}{1.5} \\
 &= 2800 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 2.33 \text{ MPa} \\
 Z &= \frac{1}{6} \frac{a}{2} (h_{\text{pracetak}})^2 \\
 &= 2291.67 \text{ cm}^3 \\
 \sigma_{\text{pelat}} &= \frac{M_u}{Z} \\
 &= \frac{71.54.67}{2291.67} \\
 &= 0.34 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Maka disimpulkan  $\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$  (OK)

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL dengan tipe yaitu JRd/JM14. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 8 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .

Bedasarkan perhitungan pelat di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi penulangan pelat seperti pada Tabel 4.9.



Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Lantai, dan Basement 1

Pelat Lantai												
Tipe Pelat	Sebelum Komposit		Penggangkatan		Sesudah Komposit		Tulangan Pakai		Spelat (Mpa)	Sizin (Mpa)	Tu (kN)	Tipe JL
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X+	Arah Y+	Arah X	Arah Y				
S1	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-375	D10-450	D10-200	D10-250	0.35	2.76	6.72	JRd/JM 14
S2	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-175	D10-450	D10-175	D10-200	0.34	2.76	6.55	JRd/JM 14
S3	D10-275	D10-300	D10-300	D10-300	D10-225	D10-450	D10-200	D10-250	0.40	2.76	7.83	JRd/JM 14
S4	D10-275	D10-300	D10-300	D10-300	D10-225	D10-450	D10-200	D10-250	0.46	2.76	9.01	JRd/JM 16
S5	D10-275	D10-300	D10-300	D10-300	D10-225	D10-450	D10-200	D10-250	0.43	2.76	8.45	JRd/JM 16
S6	D10-175	D10-300	D10-300	D10-300	D10-375	D10-350	D10-175	D10-250	0.52	2.76	9.99	JRd/JM 16
S7	D10-175	D10-300	D10-300	D10-300	D10-150	D10-450	D10-150	D10-300	0.55	2.76	9.25	JRd/JM 16
Pelat Basement												
Tipe Pelat	Sebelum Komposit		Penggangkatan		Sesudah Komposit		Tulangan Pakai		Spelat (Mpa)	Sizin (Mpa)	Tu (kN)	Tipe JL
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X+	Arah Y+	Arah X	Arah Y				
S1	D10-275	D10-300	D10-300	D10-300	D10-225	D10-450	D10-200	D10-250	0.43	2.76	8.45	JRd/JM 16

S2	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-200	D10-450	D10-200	D10-300	0.34	2.76	6.55	JRd/JM 14
S3	D10-275	D10-300	D10-300	D10-300	D10-225	D10-450	D10-200	D10-250	0.40	2.76	7.83	JRd/JM 14
S4	D10-275	D10-300	D10-300	D10-300	D10-225	D10-450	D10-200	D10-250	0.46	2.76	9.01	JRd/JM 16
S5	D10-275	D10-300	D10-300	D10-300	D10-225	D10-450	D10-200	D10-250	0.43	2.76	8.45	JRd/JM 16
S6	D10-175	D10-300	D10-300	D10-300	D10-375	D10-375	D10-175	D10-250	0.52	2.76	9.99	JRd/JM 16
S7	D10-175	D10-300	D10-300	D10-300	D10-175	D10-450	D10-175	D10-300	0.55	2.76	9.25	JRd/JM 16

#### 4.3.4 Perencanaan Pelat Basement 2

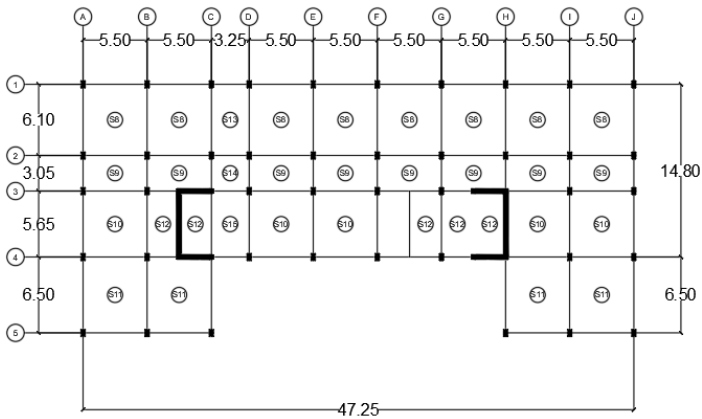
Pada perencanaan ini, pelat basement direncanakan menggunakan metode cor ditempat. Sehingga dalam perencanaan ini tidak akan direncanakan tulangan akibat pengangkatan dan sebelum komposit.

##### 4.3.4.1 Data Perencanaan Pelat Basement 2

Data perencanaan untuk contoh perhitungan pelat dua arah (S8) adalah sebagai berikut:

Tebal Pelat	= 40 cm
Mutu Beton ( $f'c$ )	= 35 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 420 MPa
Tebal Cover	= 70 mm
Diameter Tulangan -	= 10 mm
Diameter Tulangan +	= 13 mm
Panjang Pelat	= 550 cm
Lebar Pelat	= 610 cm
Jarak serat ke tul. X +	= 325 mm
Jarak serat ke tul. Y +	= 315 mm
Jarak serat ke tul. X -	= 323.5 mm
Jarak serat ke tul. Y -	= 310.5 mm

Denah daripada pelat basement sesuai daripada gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.29 Denah Pelat Basement

#### 4.3.4.2 Pembebanan Pelat Basement 2

Pelat perencanaan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) berdasarkan PPIURG dan SNI 1726:2013 sesuai dengan fungsi berdasarkan denah apartemen.

Pada perencanaan pelat basement terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi, yaitu pada saat musim kemarau dan musim hujan. Pada musim kemarau, diasumsikan muka air berada di bawah pelat basement sehingga gaya yang terjadi pada pelat maksimal akibat beban kendaraan, sedangkan pada musim hujan, diasumsikan muka air berada pada permukaan tanah dan tidak ada kendaraan sehingga beban maksimal akibat beban uplift.

##### 1. Musim Kemarau

Beban Mati ( $q_D$ )

$$\text{Pelat Lantai} = 2400 \times 0.40 = 960 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (1 cm)} = 21 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup ( $q_L$ )

$$\text{Lantai Basement} = 500 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban

$$1.2 q_D + 1.6 q_L = 1977 \text{ kg/m}^2$$

2. Musim Hujan

$$\text{Pelat Lantai} = 2400 \times 0.40 = 960 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Uplift} = 1000 \times 6.2 = 6200 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.3.4.3 Perhitungan Tulangan Pelat Basement 2

Perhitungan momen pada pelat basement mengikuti sama dengan perhitungan pelat lantai. Dalam subbab ini tidak akan dicontohkan kembali perhitungan momen yang terjadi pada pelat basement. Rekapitulasi daripada momen yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Momen pada Pelat Basement

Tipe Pelat	Momen Positif (Kgm)		Momen Negatif (Kgm)	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
S8	6032.87	4193.58	18917.56	13150.01
S9	1508.22	1048.40	4729.39	3287.50
S10	5175.61	3597.68	16229.40	11281.41
S11	6850.01	4761.59	21479.90	14931.15
S12	7889.65	0.00	24739.94	0.00
S13	6032.87	4193.58	18917.56	13150.01
S14	1508.22	1048.40	4729.39	3287.50
S15	1712.50	1190.40	5369.98	3732.79

Setelah didapatkan momen yang terjadi pada pelat, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan penulangan pada pelat. Contoh perhitungan akan dilakukan pada pelat S8.

##### 1. Penulangan Arah X Positif

$$M_u = 6032 \text{ kgm}$$

$$D \text{ tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{6032 \times 10000}{\phi 1000 \ 325^2} \\
 &= 0.63 \text{ MPa} \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\
 &= 14.12 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.63}{420}} \right) \\
 &= 0.001527 \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0018 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 325 \\
 &= 585 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{max1}} &= 3h \\
 &= 1200 \text{ mm} \\
 S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
 &= 1000 \times \frac{78.53}{585} \\
 &= 134.23 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Kontrol Regangan:**

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$= 8.25 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= 10.23 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0.15 > 0.005 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan arah X D10-120 mm

## 2. Penulangan Arah Y Positif

$$M_u = 4139 \text{ kgm}$$

$$D \text{ tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{4139 \times 10000}{\phi 1000 315^2}$$

$$= 0.63 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c}$$

$$= \frac{420}{0.85 \times 35}$$

$$= 14.12$$

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

$$= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.63}{420}} \right)$$

$$= 0.0011$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \frac{420}{f_y}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0018 \times 1000 \times 315 \\
 &= 567 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 1200 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
 &= 1000 \times \frac{78.53}{567} \\
 &= 138.51 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 8.00 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= 10.00 \text{ mm} \\
 \varepsilon_t &= 0.15 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan arah Y D10-125 mm

### 3. Penulangan Arah X Negatif

$$\begin{aligned}
 M_u &= 18917.56 \text{ kgm} \\
 D \text{ tulangan} &= 13 \text{ mm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{18917.56 \times 10000}{\phi \times 1000 \times 323.5^2} \\
 &= 2.01 \text{ MPa} \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 35}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 14.12 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.04}{420}} \right) \\
 &= 0.0049 \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.005 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.005 \times 1000 \times 323.5 \\
 &= 2083 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{max1}} &= 3h \\
 &= 1200 \text{ mm} \\
 S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ (perlu)}} \\
 &= 1000 \times \frac{132.7}{1603.11} \\
 &= 82.79 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Kontrol Regangan:**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 22.63 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= 28.29 \text{ mm} \\
 \varepsilon_t &= 0.05 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan arah X D13-75 mm

## 4. Penulangan Arah Y

$$M_u = 13510.01 \text{ kgm}$$

$$D \text{ tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{13510.01 \times 10000}{\phi \times 1000 \times 310.5^2} \\ &= 1.52 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\ &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\ &= 14.12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.52}{420}} \right) \\ &= 0.0037 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \frac{420}{f_y}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0037$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0037 \times 1000 \times 310.5 \\ &= 1150.49 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max1}} &= 3h \\ &= 1200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max2}} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ (perlu)}} \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s_{pakai} = 100 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$= 16.24 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= 20.30 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0.07 > 0.005 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan arah Y D13-100 mm

Bedasarkan perhitungan pelat di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi penulangan pelat seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Penulangan pada Pelat Basement

Tipe Pelat	Tulangan Positif		Tulangan Negatif	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
S8	D10-125	D10-125	D13-75	D13-100
S9	D10-125	D10-125	D13-225	D13-225
S10	D10-125	D10-125	D13-75	D13-125
S11	D10-125	D10-125	D13-50	D13-100
S12	D10-100	D10-125	D16-75	D10-125
S13	D10-125	D10-125	D13-75	D13-100
S14	D10-125	D10-125	D13-225	D13-225
S15	D10-125	D10-125	D13-225	D13-225

#### 4.3.5 Perencanaan Balok Anak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban trapezium, sesuai dengan preliminary areanya. Namun untuk menyederhanakan perhitungan, beban yang terjadi dianggap beban persegi

panjang. Beban yang diterima oleh balok anak merupakan penyaluran beban dari pelat.

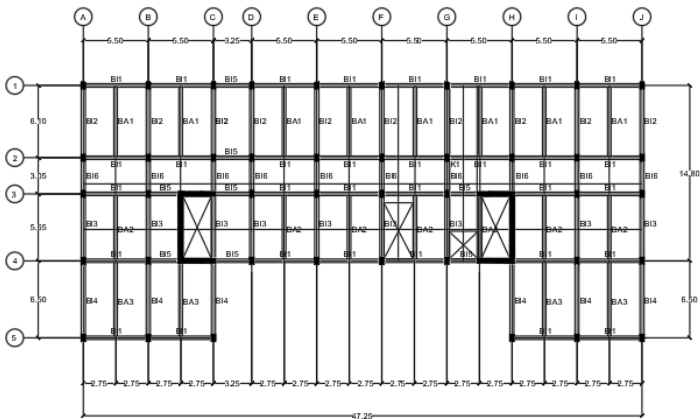
#### 4.3.5.1 Data Perencanaan Balok Anak

Dalam perencanaan balok anak, terdapat beberapa kondisi yang harus ditinjau. Kondisi tersebut sama dengan kondisi saat merencanakan pelat pracetak, yaitu kondisi setelah komposit, sebelum komposit, dan saat pengangkatan. Seperti pada pembahasan subbab 4.1, pengangkatan direncanakan dilakukan pada nilai kekuatan beton sebesar 25 MPa. Contoh perhitungan yang ditunjukkan pada perencanaan ini adalah balok anak BA 1 pada lantai 1 sampai dengan 20.

Dimensi Komposit	= 35x50 cm
Dimensi <i>Half Beam</i>	= 35x35 cm
<i>Overtopping</i>	= 15 cm
$f'_c$	= 35 MPa
$f_y$	= 420 MPa
L	= 6.1 m
Tulangan Longitudinal	= 16 mm
Tulangan Transversal	= 10 mm
<i>Clear Cover</i>	= 50 mm

#### 4.3.5.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri dan semua beban merata pada pelat, termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya. Distribusi beban pada balok anak dianggap sebagai beban persegi panjang. Denah daripada balok anak dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.30 Denah Balok Anak

## 1. Sebelum Komposit

Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri Balok} &= 2400 \times 0.35 \times 0.35 \\ &= 294 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Overtopping} &= 2400 \times 0.35 \times 0.15 \\ &= 126 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Pelat} &= 2400 \times 2.75 \times 0.15 \\ &= 990 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_D = 1410 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup

$$q_L = 100 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban

$$\begin{aligned} 1.4 q_D &= 1.4 \times 1410 \\ &= 1974 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.2 q_D + 1.4 q_L &= 1.2 \times 1410 + 1.6 \times 100 \\ &= 1852 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

## 2. Setelah Komposit

Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri Balok} &= 2400 \times 0.35 \times 0.35 \\ &= 294 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat Overtopping} = 2400 \times 0.35 \times 0.15$$

	= 126 kg/m
Berat Pelat	= $2400 \times 2.75 \times 0.15$
	= 990 kg/m
Plafon	= $11 \times 2.75$
	= 30.25 kg/m
Penggantung	= $7 \times 2.75$
	= 19.25 kg/m
<i>Plumbing</i>	= $30 \times 2.75$
	= 82.5 kg/m
Keramik	= $24 \times 2.75$
	= 66 kg/m
Spesi (1 cm)	= $21 \times 2.75$
	= 57.75 kg/m
$q_D$	= 1665.75 kg/m
Beban Hidup	
Kamar	= $192 \times 2.75$
	= 528 kg/m
Kombinasi Beban	
$1.2 q_D + 1.6 q_L$	= 2843.7 kg/m
3. Saat Pengangkatan	
Beban Mati	
Berat Sendiri	= $2400 \times 0.35 \times 0.35$
	= 294 kg/m
Kombinasi Beban	
$1.4 q_D$	= $1.4 \times 336$
	= 411.6 kg/m

#### 4.3.5.3 Perhitungan Penulangan Balok Anak

Contoh perhitungan momen dan geser pada balok anak (BA 1) adalah sebagai berikut:

##### 1. Sebelum Komposit

Momen yang terjadi pada balok anak pada kondisi sebelum komposit dihitung dengan anggapan bahwa

balok belum memiliki kekakuan pada sambungannya sehingga dihitung dengan perletakan sederhana.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tumpuan}} &= 0 \text{ kgm} \\
 M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1974 \times 5.27^2 \\
 &= 7155.31 \text{ kgm} \\
 V &= \frac{q_u \times L}{2} \\
 &= \frac{1974 \times 5.27}{2} \\
 &= 5201.49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

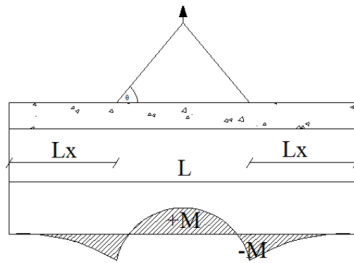
## 2. Setelah Komposit

Momen yang terjadi pada balok anak setelah komposit dihitung dengan pendekatan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tumpuan}} &= \frac{1}{24} \times q_u \times L_n^2 \\
 &= \frac{1}{24} \times 2843.7 \times 6.1^2 \\
 &= 4408.92 \text{ kgm} \\
 M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{14} \times q_u \times L_n^2 \\
 &= \frac{1}{14} \times 2843 \times 6.1^2 \\
 &= 7558.15 \\
 V &= \frac{q_u \times L_n}{2} \\
 &= \frac{2483.7 \times 6.1}{2} \\
 &= 8673.29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 3. Saat Pengangkatan

Rencana pengangkatan pada balok anak sesuai dengan ilustrasi pada Gambar 4.19.



Gambar 4.31 Titik Angkat Balok Anak

$$\begin{aligned}
 y_t &= \frac{h}{2} \\
 &= \frac{35}{2} \\
 &= 17.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} b h^3 \\
 &= \frac{1}{12} 35 (35)^3 \\
 &= 125052.08 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_c &= y_t + 5 \\
 &= 17.5 + 5 \\
 &= 22.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut  $45^\circ$ 

$$L = 5.27 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left( 1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)} \\
 &= 0.262
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LX &= 5.27 (0.262) \\
 &= 1.25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$W = 411.6 \text{ kg/m}$$

$$M_+ = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right)$$

$$M_+ = 320.17 \text{ kgm}$$

$$M_- = \frac{WX^2L^2}{8}$$

$$M_- = 320.17 \text{ kgm}$$

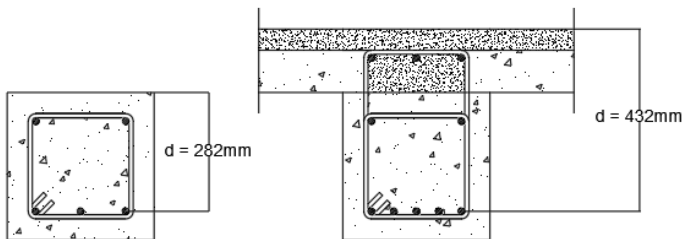


Sehingga sesuai dengan perhitungan momen dan geser di atas, maka didapatkan rekapitulasi momen dan geser pada balok anak seperti yang disampaikan pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Momen pada Balok Anak

<b>Balok Anak Lantai dan Atap</b>							
Tipe Balok	Sebelum Komposit		Setelah Komposit			Saat Pengangkatan	
	$M_{Lapangan}$	Geser	$M_{Lapangan}$	$M_{Tumpuan}$	Geser	$M_{Lapangan}$	$M_{Tumpuan}$
BA 1	6852.96	5201.49	7558.15	4408.92	8673.29	320.17	320.17
BA 2	5561.84	4615.63	8138.27	11393.58	12360.96	227.99	227.99
BA 3	10425.19	6415.50	11094.15	15531.81	14521.61	464.68	464.68
<b>Balok Anak Basement 1 dan Lobby</b>							
Tipe Balok	Sebelum Komposit		Setelah Komposit			Saat Pengangkatan	
	$M_{Lapangan}$	Geser	$M_{Lapangan}$	$M_{Tumpuan}$	Geser	$M_{Lapangan}$	$M_{Tumpuan}$
BA 1	6852.96	5201.49	11160.08	6510.04	12806.65	320.17	320.17
BA 2	7419.36	5330.96	9459.32	13243.05	13477.44	227.99	227.99
BA 3	7932.74	5596.29	12284.78	17198.69	15451.95	464.68	464.68

Setelah didapatkan momen dan geser yang terjadi, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan penulangan pada balok anak. Contoh perhitungan akan dilakukan pada balok anak BA 1. Perencanaan tulangan direncanakan sesuai dengan ilustrasi pada Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.32 Ilustrasi *Half Beam* dan *Full Beam*

### 1. Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{30 - 28}{7} \\ &= 0.835\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{420} \\ &= 0.25 \frac{\sqrt{30}}{420} \\ &= 0.0032\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 2} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} \\ &= 0.0033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0.85 \frac{f'_c}{420}} \\ &= \frac{f_y}{0.85 (30)} \\ &= 16.47\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= h_{\text{Balok}} - \text{Cover} - \emptyset_{\text{Senggang}} - 0.5 D_{\text{Tulangan}} \\ &= 350 - 50 - 10 - 0.5 (16) \\ &= 282 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### a. Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}\rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\ &= 0.0033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0033 \times 350 \times 282 \\ &= 329 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tulangan}}}} \\ &= \frac{329}{0,25 \pi (16)^2} \\ &= 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 16 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{350 - 36 - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 198 \text{ mm} > S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan negatif tumpuan 2D16

b. Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0033 \\
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0033 \times 350 \times 282 \\
 &= 329 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tulangan}}}} \\
 &= \frac{329}{0,25 \pi (16)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{350 - 2(16) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 198 \text{ mm} > S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan positif tumpuan 2D16

c. Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 6852.96 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6852.96 \times 10^4}{0.9 \times 350 \times 282^2} \\
 &= 2.73 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.47 \times 2.73}{420}} \right) \\
 &= 0.0069 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0069 > \rho_{\text{min}} \\
 A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0069 \times 350 \times 282 \\
 &= 681.66 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{Stulangan}}} \\
 &= \frac{681.66}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 4 \text{ buah} \\
 S_{\text{min 1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\text{min 2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{350 - 4(16) - 2(50) - 2(10)}{4 - 1} \\
 &= 55 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 37.84 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{37.84}{0.83}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 45.28 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.003 \frac{d-c}{d} \\
 &= 0.015 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan positif lapangan 4D16

d. Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0.5 M_u \text{ positif lapangan} \\
 &= 0.5 \times 6852.96 \\
 &= 3426.48 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{3426.48 \times 10^4}{0.9 \times 350 \times 282^2} \\
 &= 1.36 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.27} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.27 \times 1.36}{420}} \right) \\
 &= 0.003
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.003 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.003 \times 350 \times 282 \\
 &= 330.56 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{330.56}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{min 1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{min 2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{350 - 2(16) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 198\text{mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \\
 &= 18.92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{18.92}{0.83} \\
 &= 22.64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= 0.003 \frac{d-c}{d} \\
 &= 0.03 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan negatif lapangan 3D16

e. Tulangan Geser

$$V_u = 520147 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 0.17 \times \sqrt{35} \times 350 \times 282 \\
 &= 99265.90 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 74449.42 \text{ N}$$

$$0.5\phi V_c = 37224.71 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 0.062 \sqrt{35} \times 350 \times 282 \\
 &= 36494.82 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser terpenuhi, dimana  $0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$ , maka tidak tulangan geser direncanakan sebagai berikut.

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d_{\text{senggang}} &= 10 \text{ mm} \\
 f_{y\text{senggang}} &= 420 \text{ MPa} \\
 n_{\text{senggang}} &= 2 \text{ kaki} \\
 A_{V_{\text{min } 1}} &= 0.062 \sqrt{f'c} \frac{bs}{f_y} \\
 &= 0.062 \times \sqrt{30} \frac{200 \times 350}{420} \\
 &= 56.59 \text{ mm}^2 \\
 A_{V_{\text{min } 2}} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\
 &= 0.35 \frac{350 \times 200}{420} \\
 &= 58.33 \text{ mm}^2 \\
 A_{V_{\text{pakai}}} &= 2 \times 0.25 \pi d_{\text{senggang}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 10^2 \\
 &= 157.07 \text{ mm}^2 > A_{V_{\text{min}}} \text{ (OK)} \\
 V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{157.08 \times 420 \times 282}{200} \\
 &= 93022.56 \text{ N} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser D10-200mm

## 2. Setelah Komposit

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'c - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\
 &= 0.80 \\
 \rho_{\text{min } 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'rc}}{420} \\
 &= 0.25 \frac{\sqrt{35}}{420} \\
 &= 0.0035 \\
 \rho_{\text{min } 2} &= \frac{1.4}{f_y}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{420} \\
 &= 0.0033 \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 (35)} \\
 &= 14.12 \\
 d &= h_{\text{Balok}} - \text{Cover} - \emptyset_{\text{Senggang}} - 0.5 D_{\text{Tulangan}} \\
 &= 500 - 50 - 10 - 0.5 (16) \\
 &= 432 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a. Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 4408.92 \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{4408.92 \times 10^4}{0.9 \times 350 \times 432^2} \\
 &= 0.74 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.74}{420}} \right) \\
 &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 350 \times 432 \\
 &= 532.44 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{tulangan}}}} \\
 &= \frac{532.44}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 3 \text{ buah} \\
 S_{\text{min 1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\text{min 2}} &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{sengkan}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{35 - 6(16) - 2(50) - 2(10)}{3 - 1} \\
 &= 91 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 24.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{24.33}{0.80} \\
 &= 30.41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= 0.003 \frac{d-c}{d} \\
 &= 0.003 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan negatif tumpuan 3D16

b. Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0.5 M_{u \text{ negatif tumpuan}} \\
 &= 0.5 \times 4408 \\
 &= 2204.46 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{2204.46 \times 10^4}{0.9 \times 350 \times 432^2} \\
 &= 0.37 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.37}{420}} \right) \\
 &= 0.0008 < \rho_{\text{min}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 350 \times 432 \\
 &= 532.44 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{Stulangan}}} \\
 &= \frac{532.44}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 3 \text{ buah} \\
 S_{\text{min 1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\text{min 2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2 \phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{35 - 6(16) - 2(50) - 2(10)}{3 - 1} \\
 &= 91 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 24.33 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{24.33}{0.80} \\
 &= 30.41 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.003 \frac{d-c}{d} \\
 &= 0.003 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan positif tumpuan 3D16

c. Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \mu &= 7558.15 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{7558.15 \times 10^4}{0.9 \times 350 \times 432^2} \\
 &= 1.28 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.28}{420}} \right) \\
 &= 0.0031 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 350 \times 432 \\
 &= 532.44 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{532.44}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 3 \text{ buah} \\
 S_{\text{min 1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\text{min 2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{35 - 6(16) - 2(50) - 2(10)}{3 - 1} \\
 &= 91 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 24.33 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{24.33}{0.80}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 30.41 \text{ mm} \\
 \varepsilon_t &= 0.003 \frac{d-c}{d} \\
 &= 0.003 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan positif lapangan 3D16

d. Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0.5 M_u \text{ positif lapangan} \\
 &= 0.5 \times 7558.15 \\
 &= 3779.07 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{3779.07 \times 10^4}{0.9 \times 350 \times 432^2} \\
 &= 0.64 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.64}{420}} \right) \\
 &= 0.0021 < \rho_{\text{min}} \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 350 \times 432 \\
 &= 532.44 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tulangan}}}} \\
 &= \frac{532.44}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 3 \text{ buah} \\
 S_{\text{min 1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\text{min 2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{35 - 6(16) - 2(50) - 2(10)}{3 - 1}$$

$$= 91 \text{ mm} > s_{\min} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$= 24.33 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{24.33}{0.80}$$

$$= 30.41 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \frac{d-c}{d}$$

$$= 0.003 > 0,005 \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan negatif lapangan 3D16

e. Tulangan Geser

$$V_u = 86732.85 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 0.17 \sqrt{35} \times 350 \times 432$$

$$= 152066.91 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 114050.2 \text{ N}$$

$$0.5\phi V_c = 57025.093 \text{ N}$$

$$V_{s \min} = 0.062 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 0.062 \sqrt{35} \times 350 \times 432$$

$$= 55906.95 \text{ N}$$

Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser terpenuhi, dimana  $0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$ , maka tidak tulangan geser direncanakan sebagai berikut.

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

$$d_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{y \text{ sengkang}} &= 420 \text{ MPa} \\
 n_{\text{sengkang}} &= 2 \text{ kaki} \\
 A_{V_{\min 1}} &= 0.062 \sqrt{f'c} \frac{b_s}{f_y} \\
 &= 0.062 \times \sqrt{35} \frac{200 \times 350}{420} \\
 &= 61.13 \text{ mm}^2 \\
 A_{V_{\min 2}} &= 0.35 \frac{b_s}{f_y} \\
 &= 0.35 \frac{350 \times 200}{420} \\
 &= 58.33 \text{ mm}^2 \\
 A_{V_{\text{pakai}}} &= 2 \times 0.25 \pi d_{\text{sengkang}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 10^2 \\
 &= 157.7 \text{ mm}^2 > A_{V_{\min}} \text{ (OK)} \\
 V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{157.08 \times 420 \times 432}{200} \\
 &= 142502.65 \text{ N} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser D10-200mm

### 3. Saat Pengangkatan

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'c - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{25 - 28}{7} \\
 &= 0.85 \\
 \rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'rc}}{420} \\
 &= 0.25 \frac{\sqrt{25}}{420} \\
 &= 0.0018 \\
 \rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{420} \\
 &= 0.0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 (25)} \\
 &= 19.76
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{Balok}} - \text{Cover} - \emptyset_{\text{Sengkang}} - 0.5 D_{\text{Tulangan}} \\
 &= 350 - 50 - 10 - 0.5 (16) \\
 &= 282 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### a. Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0033 \times 350 \times 282 \\
 &= 329 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tulangan}}}} \\
 &= \frac{329}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{min 1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{min 2}} &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\emptyset_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{350 - 3(16) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 198 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan negatif tumpuan 2D16

#### b. Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0033 \times 350 \times 282 \\
 &= 329 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{329}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min } 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\text{min } 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{350 - 3(16) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 198 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan negatif tumpuan 2D16

### c. Tulangan Positif Lapangan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\text{min}}$ .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0033 \\
 A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0033 \times 350 \times 282 \\
 &= 329 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{329}{0.25 \pi (16)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min } 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 16 \text{ mm} \\
 S_{\text{min } 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}
 \end{aligned}$$



$$= \frac{350 - 3(16) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1}$$

$$= 198 \text{ mm} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan positif lapangan 2D16

d. Tulangan Negatif Lapangan

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min}$$

$$= 0.0033$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0.0033 \times 350 \times 282$$

$$= 329 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tulangan}}}}$$

$$= \frac{329}{0.25 \pi (16)^2}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$S_{\min 1} = D_{\text{tulangan}}$$

$$= 16 \text{ mm}$$

$$S_{\min 2} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ cover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}$$

$$= \frac{350 - 3(16) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1}$$

$$= 198 \text{ mm} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan negatif lapangan 2D16

e. Perhitungan Tulangan Angkat

Untuk pengangkatan balok anak pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan dua titik angkat tanpa bantuan spreader beam.

$$K = 1.2$$

$$DL = h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0.5 \times 0.35 \times 5.27 \times 2400$$

$$= 1549.38 \text{ kg}$$

$$q = K \times 1.4DL$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.2 \times 1.4(1549.38) \\
 &= 2602 \text{ kg} \\
 \text{Tu} &= \frac{q}{2 \cos(45)} \\
 &= \frac{202}{2 \cos(45)} \\
 &= 1840 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ijin} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{\text{SF}} \\
 &= \frac{0.7 \sqrt{25}}{1.5} \\
 &= 2.76 \text{ MPa} \\
 Z &= \frac{1}{6} b (h_{\text{pracetak}})^2 \\
 &= \frac{1}{6} 35 (35)^2 \\
 &= 7145.8 \text{ cm}^3 \\
 \sigma_{\text{balok}} &= \frac{M_u}{Z} \\
 &= 0.1504 \text{ MPa} < \sigma_{ijin} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

g. Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL dengan tipe yaitu JRd/JM24. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 25 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .

Bedasarkan perhitungan balok anak di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi penulangan balok anak seperti pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

<b>Balok Anak Lantai dan Atap</b>						
<b>Tipe</b>	<b>BA 1</b>		<b>BA 2</b>		<b>BA 3</b>	
<b>Tulangan</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>
<b>Dimensi</b>	350 x 500 mm		350 x 450 mm		350 x 500 mm	
<b>Bentang</b>	6.10 m		5.65 m		6.50 m	
<b>Decking</b>	50 mm		50 mm		50 mm	
<b>Atas</b>	3D16	3D16	5D16	3D16	5D16	3D16
<b>Tengah</b>	2D16	2D16	2D16	2D16	2D16	2D16
<b>Bawah</b>	3D16	4D16	3D16	4D16	3D16	6D16
<b>Sengkang</b>	2D10-200 mm		2D10-175 mm		2D10-200 mm	
<b>Tu (kN)</b>	18.41		14.43		22.70	
<b>Tipe JRd/JM</b>	JRd/JM20		JRd/JM18		JRd/JM 24	
<b>Balok Anak Lobby dan Basement 1</b>						
<b>Tipe</b>	<b>BA 1</b>		<b>BA 2</b>		<b>BA 3</b>	
<b>Tulangan</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>
<b>Dimensi</b>	350 x 500 mm		350 x 450 mm		350 x 500 mm	
<b>Bentang</b>	6.10 m		5.65 m		6.50 m	
<b>Decking</b>	50 mm		50 mm		50 mm	
<b>Atas</b>	3D16	3D16	5D16	3D16	6D16	3D16
<b>Tengah</b>	2D16	2D16	2D16	2D16	2D16	2D16
<b>Bawah</b>	3D16	4D16	3D16	5D16	3D16	4D16
<b>Sengkang</b>	2D10-200 mm		2D10-175 mm		2D10-200 mm	
<b>Tu (kN)</b>	18.41		14.43		19.80	
<b>Tipe JRd/JM</b>	JRd/JM20		JRd/JM18		JRd/JM 24	

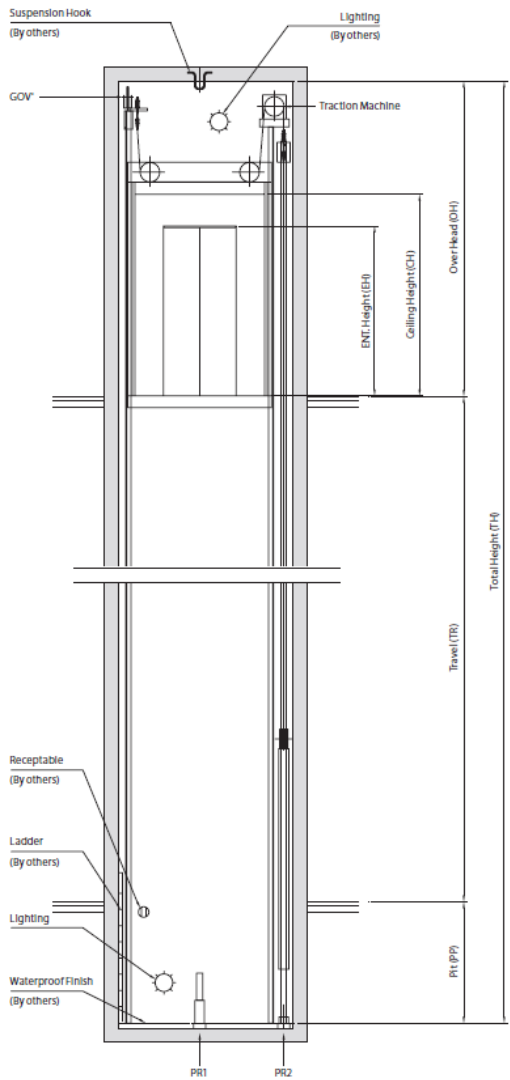
#### 4.3.6 Perencanaan Lift

Perencanaan lift meliputi pemilihan jenis lift dan struktur pendukungnya. Pada perencanaan ini digunakan lift dengan tipe YZER-R MRL yang diproduksi oleh Hyundai

Elevator. Berikut adalah data spesifikasi untuk perencanaan lift ini.

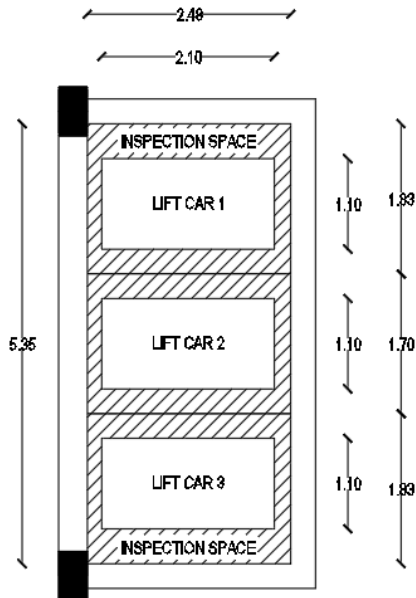
Tipe Lift	= Machine Room-Less
Model	= 2 Panel Side Open
Kapasitas	= 900 Kg
Kecepatan	= 1.75 m/detik
Lebar Pintu	= 1 meter
<i>Car Size</i>	= 1100 x 2100 mm
<i>Car Height</i>	= 2500 mm
<i>Hoistway Size</i>	= 1700 x 2400 mm
<i>Overhead</i>	= <i>Car Height</i> + 1900
	= 4400 mm
<i>Pit Depth</i>	= 1400 mm
Beban Reaksi PR1	= 9600 Kg
Beban Reaksi PR2	= 7600 Kg

Pada Gambar 4.21 berikut adalah ilustrasi daripada potongan ruang lift.



Gambar 4.33 Potongan Ruang Lift

Lift direncanakan 3 buah sejajar pada satu ruang *hoistway*. Pada perencanaan digunakan lift tanpa ruang mesin (MRL/Machine Room Less), sehingga lift tidak ditumpu pada balok lift yang berada pada lantai 20 melainkan pada pelat Pit Lift (PR1 dan PR2). Dengan demikian, tidak diperlukan perencanaan Balok Lift. Pada Gambar 4.22 berikut akan diilustrasikan denah ruang lift.



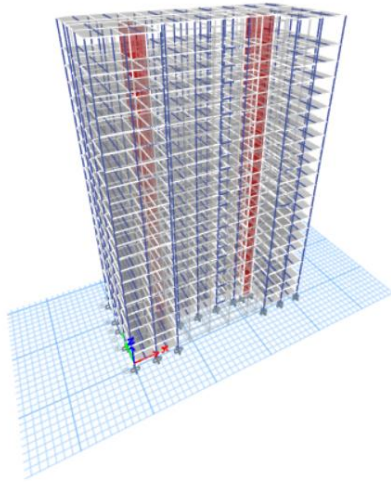
Gambar 4.34 Denah Ruang Lift

## 4.4 Permodelan Struktur

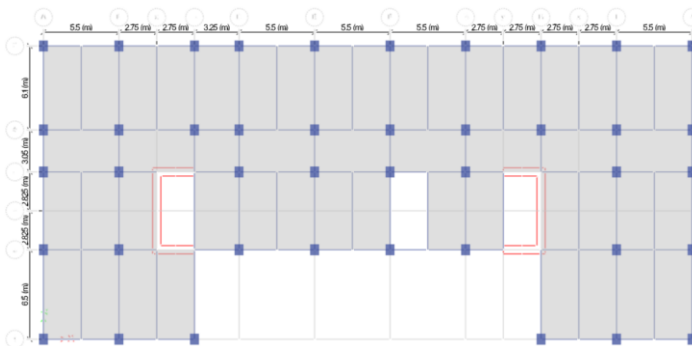
### 4.4.1 Umum

Dalam permodelan struktur Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) ini digunakan program bantu ETABS 18.1.0. Gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) memiliki 20 lantai dengan 2 lantai basement tinggi gedung 64.6 meter. Ilustrasi daripada permodelan yang dilakukan

pada program bantu ETABS dapat dilihat pada Gambar 4.23 dan 4.24 berikut.



Gambar 4.35 Permodelan Gedung pada ETABS



Gambar 4.36 Permodelan Denah pada ETABS

#### 4.4.2 Data Perencanaan

Data perencanaan pembebanan gedung Apartemen Taman Sari Iswara adalah sebagai berikut:

1. Beban Sendiri
  - Berat Beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>
2. Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*)
  - Plafon = 11 kg/m<sup>2</sup>
  - Penggantung = 7 kg/m<sup>2</sup>
  - Ducting = 30 kg/m<sup>2</sup>
  - Keramik = 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Spesi = 21 kg/m<sup>2</sup>
  - Aspal = 14 kg/m<sup>2</sup>
  - Bata Ringan = 100 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban Hidup
  - Lantai Atap = 96 kg/m<sup>2</sup>
  - Air Hujan = 20 kg/m<sup>2</sup>
  - Koridor = 479 kg/m<sup>2</sup>
  - Kamar = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Lobby = 479 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang Publik = 479 kg/m<sup>2</sup>

Rekapitulasi pembebanan gravitasi secara manual dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Rekapitulasi Pembebanan

Pelat Lt. 20 (Atap)						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai 20 (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	842.365		0.15	303251.40
Aspal	14	kg/m <sup>2</sup>	842.365			11793.11
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	842.365			17689.67
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	842.365			9266.02
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	842.365			5896.56
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	842.365			25270.95



BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	211	0.8	243072.00
BI 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	61	0.6	35136.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	50.85	0.6	29289.60
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	39	0.65	27378.00
BI 5	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	13	0.9	16848.00
BI 6	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	30.5	0.9	39528.00
BI 7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	11	0.9	14256.00
BA 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	48.8	0.5	20496.00
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	39.55	0.45	14949.90
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	26	0.5	10920.00
<b>W<sub>D</sub> =</b>						<b>825041.20</b>
<b>Beban Hidup</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Lantai atap	96	kg/m <sup>2</sup>	842.365			80867.04
Air Hujan	20	kg/m <sup>2</sup>	842.365			16847.30
<b>W<sub>L</sub> =</b>						<b>97714.34</b>
<b>Pelat Lt. 19</b>						
<b>Beban Mati</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	795.7525		0.15	286470.90
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			8753.28
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			5570.27
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			23872.58
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			19098.06
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	795.7525			16710.80
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	374.45		5	187225.00

BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	211	0.8	243072.00
BI 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	61	0.6	35136.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	50.85	0.6	29289.60
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	39	0.65	27378.00
BI 5	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	13	0.9	16848.00
BI 6	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	30.5	0.9	39528.00
BI 7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	11	0.9	14256.00
BA 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	48.8	0.5	20496.00
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	39.55	0.45	14949.90
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	26	0.5	10920.00
W <sub>D</sub> =						999574.38
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Kamar	192	kg/m <sup>2</sup>	534.584			102640.13
Koridor Ruang	479.00	kg/m <sup>2</sup>	261.1685			125099.71
W <sub>L</sub> =						227739.84
<b>Pelat Lt. 3-18</b>						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	795.7525		0.15	286470.90
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			8753.28
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			5570.27
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			23872.58
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			19098.06
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	795.7525			16710.80
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	374.45		3.1	116079.50

BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	211	0.8	243072.00
BI 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	61	0.6	35136.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	50.85	0.6	29289.60
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	39	0.65	27378.00
BI 5	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	13	0.9	16848.00
BI 6	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	30.5	0.9	39528.00
BI 7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	11	0.9	14256.00
BA 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	48.8	0.5	20496.00
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	39.55	0.45	14949.90
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	26	0.5	10920.00
<b>W<sub>D</sub> =</b>						<b>928428.88</b>
<b>Beban Hidup</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Kamar	192	kg/m <sup>2</sup>	534.584			102640.13
Koridor Ruang	479.00	kg/m <sup>2</sup>	261.1685			125099.71
<b>W<sub>L</sub> =</b>						<b>227739.84</b>
<b>Pelat Lt. 2</b>						
<b>Beban Mati</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	795.7525		0.15	286470.90
Plafon	11	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			8753.28
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			5570.27
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			23872.58
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			19098.06
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	795.7525			16710.80
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	374.45		5	187225.00

BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	211	0.8	243072.00
BI 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	61	0.6	35136.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	50.85	0.6	29289.60
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	39	0.65	27378.00
BI 5	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	13	0.9	16848.00
BI 6	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	30.5	0.9	39528.00
BI 7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	11	0.9	14256.00
BA 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	48.8	0.5	20496.00
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	39.55	0.45	14949.90
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	26	0.5	10920.00
<b>W<sub>D</sub> =</b>						<b>999574.38</b>
<b>Beban Hidup</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Kanopi + Café	479.00	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			381165.45
<b>W<sub>L</sub> =</b>						<b>381165.45</b>
<b>Pelat Lt. 1</b>						
<b>Beban Mati</b>	<b>Berat Sendiri</b>	<b>Satuan</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>t (m)</b>	<b>Berat (kg)</b>
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	795.7525		0.15	286470.90
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			5570.27
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			23872.58
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			19098.06
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>3</sup>	795.7525			16710.80
Dinding Bata Ringan	100	kg/m <sup>2</sup>	374.45		5	187225.00
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	211	0.8	243072.00
BI 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	61	0.6	35136.00

BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	50.85	0.6	29289.60
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	39	0.65	27378.00
BI 5	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	13	0.9	16848.00
BI 6	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	30.5	0.9	39528.00
BI 7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	11	0.9	14256.00
BA 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	48.8	0.5	20496.00
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	39.55	0.45	14949.90
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	26	0.5	10920.00
W <sub>D</sub> =						990821.11
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Lobby	479.00	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			381165.45
W <sub>L</sub> =						381165.45
<b>Pelat Basement Lt. 1</b>						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (15 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	795.7525		0.15	286470.90
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			5570.27
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			23872.58
Keramik	24	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			19098.06
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			16710.80
BI 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	211	0.8	243072.00
BI 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	61	0.6	35136.00
BI 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.4	50.85	0.6	29289.60
BI 4	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.45	39	0.65	27378.00
BI 5	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	13	0.9	16848.00
BI 6	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	30.5	0.9	39528.00

BI 7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.6	11	0.9	14256.00
BA 1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	48.8	0.5	20496.00
BA 2	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	39.55	0.45	14949.90
BA 3	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.35	26	0.5	10920.00
$W_D =$						803596.11
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Basement	500.00	kg/m <sup>2</sup>	795.7525			397876.25
$W_L =$						397876.25
<b>Pelat Basement Lt. 2</b>						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (40 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	826.8275		0.4	793754.40
Spesi (1 cm)	21	kg/m <sup>2</sup>	826.8275			17363.38
$W_D =$						811117.78
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Basement	500.00	kg/m <sup>2</sup>	826.8275			413413.75
$W_L =$						413413.75

Pembebanan yang diinput pada ETABS diharuskan mendekati perhitungan manual  $\pm 5\%$  agar pembebanan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Sehingga dengan demikian, hasil pembebanan pada ETABS dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan rekapitulasi perbandingan pembebanan manual dan ETABS pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.15 Hasil Pembebanan ETABS

<b>Kombinasi</b>	<b>FZ (kgf)</b>	<b>MX (kgf-m)</b>	<b>MY (kgf-m)</b>
D + L	30199424.79	361951064.8	-706838328.2

Tabel 4.16 Rekapitulasi Perbandingan Pembebanan

<b>Keterangan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>WD (Kg)</b>	<b>WL (Kg)</b>
Lantai Atap	1	825,041.20	97,714.34
Lantai 19	1	999,574.38	227,739.84
Lantai 3 - 18	16	14,854,862.12	3,643,837.43
Lantai 2	1	999,574.38	381,165.45
Lantai 1	1	990,821.11	381,165.45
Basement 1	1	803,596.11	397,876.25
Basement 2	1	811,117.78	413,413.75
Mesin Lift	3	4,631,760.00	
Kolom	All	943,056.00	
Shear Wall	All	9,000.00	
Total WD + WL =		31,411,315.57	
Total FZ ETABS =		30,199,424.79	
Selisih =		1,211,890.78	
Presentase Selisih =		3.86%	

Dikarenakan presentase selisih kurang daripada 5% maka pembebanan program bantu ETABS sudah tepat.

#### 4.4.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan Gempa yang digunakan pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1726:2019.

#### 4.4.3.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung yang menyesuaikan pada kategori resiko. Untuk gedung apartemen termasuk kategori II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) sebesar 1.00.

#### 4.4.3.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah daripada gedung yang direncanakan. Kelas situs pada gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) di Bekasi termasuk kepada kelas situs SE (Tanah Lunak).

#### 4.4.3.3 Parameter Respons *Spectral* dan Percepatan *Spectral Desain*

Data percepatan respons spektrum diambil dari situs [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id). Data yang didapatkan adalah sebagai berikut.

PGA (g)	= 0.2262
$S_s$ (g)	= 0.55607
$S_1$ (g)	= 0.22662
$F_A$	= 1.61029
$F_V$	= 3.16691
$S_{DS}$ (g)	= 0.883
$S_{DI}$ (g)	= 0.701
$T_0$ (detik)	= 0.159
$T_s$ (detik)	= 0.159

#### 4.4.3.4 Kategori Desain Seismik

Penentuan kategori desain seismic didasarkan pada SNI 1726:2019. Dengan nilai  $S_{DS}$  lebih daripada 0.50, yaitu sebesar 0.883, dan nilai  $S_{DI}$  lebih daripada 0.20, yaitu sebesar 0.701, maka disimpulkan bahwa kategori desain seismic dari perencanaan ini adalah kategori resiko D.



Dalam perencanaan ini, struktur yang digunakan adalah *dual system* atau sistem ganda dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Shear Wall dengan beton bertulang khusus. Berdasarkan hal tersebut, menurut Tabel 12 disimpulkan faktor-faktor seperti berikut.

$$\begin{aligned} R \text{ (Koef. Modifikasi Respons)} &= 7 \\ \Omega_o \text{ (Faktor Kuat Lebih Sistem)} &= 2.5 \\ C_d \text{ (Faktor Perbesaran Simpangan)} &= 5.5 \end{aligned}$$

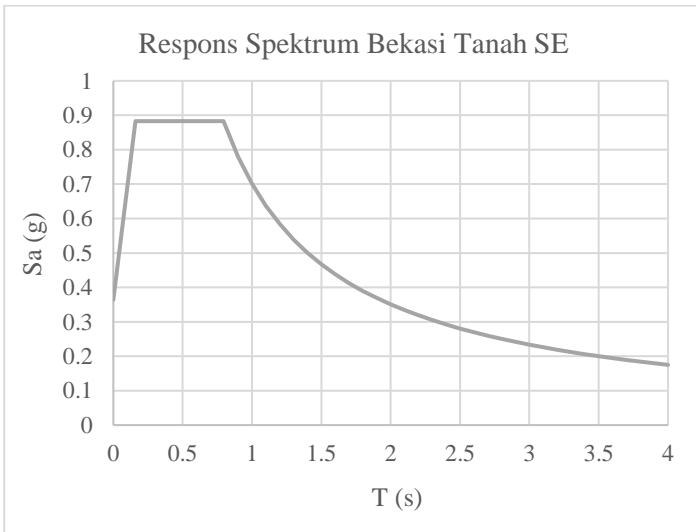
#### 4.4.3.5 Periode Fundamental dan Respons Spektrum Desain

Dalam perencanaan ini, respons spektrum desain diperoleh dari *website* [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id). Nilai daripada Periode Fundamental dan Percepatan Respons Spektrum dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.25 berikut.

Tabel 4.17 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respons Spektrum

<b>T (s)</b>	<b>Sa (g)</b>	<b>T (s)</b>	<b>Sa (g)</b>
0	0.364	2.3	0.305
0.159	0.883	2.4	0.292
0.2	0.883	2.5	0.28
0.794	0.883	2.6	0.27
0.9	0.779	2.7	0.26
1	0.701	2.8	0.25
1	0.701	2.9	0.242
1.1	0.637	3	0.234
1.2	0.584	3.1	0.226
1.3	0.539	3.2	0.219
1.4	0.501	3.3	0.212

1.5	0.467	3.4	0.206
1.6	0.438	3.5	0.2
1.7	0.412	3.6	0.195
1.8	0.389	3.7	0.189
1.9	0.369	3.8	0.184
2	0.351	3.9	0.18
2.1	0.334	4	0.175
2.2	0.319		



Gambar 4.37. Grafik Respons Spektrum Desain

#### 4.4.3.6 Kontrol Periode Alami Fundamental

Waktu getar atau periode alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menemupih satu siklus gerakan yang besarnya dipengaruhi kekakuan dan massa struktur. Nilai periode alami desain tersebut akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa

seismic rencana. Penentuan perioda didasarkan pada peraturan SNI 1726:2019.

$$T = T_a C_u$$

Dimana:

$T_a$  = Periode Fundamental Pendekatan (s)

$C_u$  = Koefisien Batas Atas Periode

Selain itu perioda pendekatan sendiri ditentukan berdasarkan persamaan lain sebagai berikut.

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana:

$h_n$  = Ketinggian Struktur (m)

$C_t$  = Koefisien Parameter Periode Pendekatan

$x$  = Koefisien Paramenet Periode Pendekatan

Nilai daripada  $C_u$  didapatkan dari Tabel 17 dan nilai  $C_t$  serta  $x$  didapatkan dari Tabel 18. Sehingga perhitungan dapat dilakukan seperti berikut.

$$C_t = 0.0488$$

$$x = 0.75$$

$$h_n = 64.6 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ &= 0.0488 \times 64.6^{0.75} \\ &= 1.11 \text{ s} \end{aligned}$$

$$C_u = 1.4$$

$$\begin{aligned} T &= T_a C_u \\ &= 1.11 \times 1.4 \\ &= 1.55 \text{ s} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan  $T_a$  sebesar 1.11 s sebagai batas bawah dan  $T$  sebesar 1.55 s sebagai batas atas. Dengan menggunakan program bantu ETABS, didapatkan nilai periode fundamental pada Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18 Periode Fundamental ETABS

Case	Mode	Period
Modal	1	1.91
Modal	2	1.874

Berdasarkan Tabel 4.18 di atas, dapat disimpulkan nilai  $T_x$  dan  $T_y$  pada mode 1 dan mode 2 sebagai berikut.

$$T_x = 1.874 \text{ s (Mode 2)}$$

$$T_y = 1.91 \text{ s (Mode 1)}$$

Karena nilai perioda yang diperoleh menggunakan ETABS melebihi batas atas perioda, maka digunakan nilai perioda seperti berikut.

$$T_x = 1.874 \text{ s} > 1.55 \text{ s}$$

$$T_y = 1.91 \text{ s} > 1.55 \text{ s}$$

Maka nilai  $T_x$  dan  $T_y$  sebesar 1.55 s.

#### 4.4.3.7 Kontrol *Base Shear*

Dalam kontrol *Base Shear* perlu diketahui terlebih dahulu nilai Koefisien Respons Seismik atau  $C_s$ , dimana nilai  $C_s$  dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{SDS \times I_e}{R} \\ &= \frac{0.883 \times 1}{8} \\ &= 0.126 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s \text{ max} &= \frac{SDS \times I_e}{T \times R} \\ &= \frac{0.883 \times 1}{8 \times 1.55} \\ &= 0.081 < C_s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s \min_1 &= 0.044 \times S_{DS} \times I_e \\
 &= 0.44 \times 0.883 \times 1 \\
 &= 0.03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s \min_2 &= \frac{SD1 \times I_e}{T \times R} \\
 &= \frac{0.701 \times 1}{8 \times 1.55} \\
 &= 0.064
 \end{aligned}$$

$$C_s \min_3 = 0.025$$

Sehingga dikarenakan nilai  $C_s$  lebih besar daripada  $C_s$  maka nilai  $C_{sx}$  dan  $C_{sy}$  yang digunakan adalah sama dengan  $C_s \max$ , yaitu sebesar 0.081. Kemudian perlu diketahui pula nilai berat seismik bangunan dengan kombinasi beban mati dan beban hidup dengan reduksi 0.3. Nilai daripada berat seismik bangunan direkapitulasi pada Tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Berat Seismik Per Lantai

Story	Ux	Uy
20	983788.54	983788.54
19	1303449.8	1303449.8
18	1155249.89	1155249.89
17	1155249.89	1155249.89
16	1155249.89	1155249.89
15	1155249.89	1155249.89
14	1155249.89	1155249.89
13	1155249.89	1155249.89
12	1155249.89	1155249.89
11	1155249.89	1155249.89
10	1155249.89	1155249.89
9	1155249.89	1155249.89

8	1155249.89	1155249.89
7	1155249.89	1155249.89
6	1155249.89	1155249.89
5	1155249.89	1155249.89
4	1155249.89	1155249.89
3	1258607.69	1258607.69
2	1474858.69	1474858.69
1	1375098.36	1375098.36
Total	23724551.43	23724551.43

Berdasarkan Tabel 4.19 di atas, dapat disimpulkan berat seismik daripada bangunan, baik pada arah X maupun arah Y. Sehingga dapat disimpulkan perhitungan *Base Shear* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_x &= C_{sx} W \\
 &= 0.081 \times (20,650,106.43 \times 9.81 / 1000) \\
 &= 15170.6 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= C_{sy} W \\
 &= 0.081 \times (20,650,106.43 \times 9.81 / 1000) \\
 &= 15170.6 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kedua nilai  $V_x$  dan  $V_y$  tersebut perlu dibandingkan dengan nilai gaya geser ragam ( $V_t$ ) yang didapatkan menggunakan program bantu ETABS. Pada Tabel 4.20 berikut diberikan hasil daripada Gaya Geser Dinamik yang didapatkan menggunakan program bantu ETABS.

Tabel 4.20 Gaya Geser Dinamik

<b>Kombinasi</b>	<b>F<sub>x</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>
<b>Ex Max</b>	11205.351	3281.3523
<b>Ey Max</b>	3489.1803	10484.617

Berdasarkan nilai gaya geser ragam dinamik di atas, selanjutnya dibandingkan dengan nilai gaya geser hitung statis. Apabila nilai daripada gaya geser ragam dinamik di bawah 100%, maka perlu dilakukan penyesuaian pada permodelan gempa ETABS dengan mengalikan faktor skala pada gaya seismiknya. Pada Tabel 4.21 berikut adalah analisa perbandingan antara Gaya Geser Statik (V) dan Gaya Geser Dinamik (Vi).

Tabel 4.21 Rekapitulasi Gaya Geser Statik (V) dan Dinamik (Vi)

	<b>Ex</b>	<b>Ey</b>
<b>W (kN)</b>	215098.65	215098.65
<b>Cs</b>	0.08	0.08
<b>V (kN)</b>	17429.23	17429.23
<b>Vi (kN)</b>	11205.35	10484.62
<b>Vi/V</b>	64%	60%
<b>Cek</b>	NOT OK	NOT OK

Berdasarkan Tabel 4.21, disimpulkan bahawa gaya geser dinamik kurang daripada gaya geser statika faktor skala perlu diberikan untuk mengoreksi gaya seismik pada ETABS.

$$\begin{aligned} \text{Scale Faktor arah X} &= \frac{15170.59}{8082.88} \\ &= 1.87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Scale Faktor arah X} &= \frac{15170.59}{8579.57} \\ &= 1.77 \end{aligned}$$

Nilai *Scale Factor* di atas dapat diinput pada *Scale Factor* untuk *Define Respons Spectra* maupun *Load Cases Response Spectrum* pada kedua gempa Ex dan Ey. Berikut

pada Tabel 4.22 adalah hasil analisa ulang menggunakan ETABS setelah diinput *Scale Factor*.

Tabel 4.22 Gaya Geser Dinamik Baru

<b>Kombinasi</b>	<b>F<sub>x</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>
<b>Ex Max</b>	17430.007	5426.8428
<b>Ey Max</b>	5454.9159	17428.443

Selanjutnya seperti langkah sebelumnya, dianalisa kembali perbandingan nilai antara gaya geser dinamik dan gaya geser statik. Pada Tabel 4.23 berikut adalah analisa perbandingan antara Gaya Geser Statik (V) dan Gaya Geser Dinamik (V<sub>i</sub>) baru.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Gaya Geser Statik (V) dan Dinamik (V<sub>i</sub>) Terskala

	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>W (kN)</b>	215098.65	215098.65
<b>C<sub>s</sub></b>	0.08	0.08
<b>V (kN)</b>	17429.23	17429.23
<b>V<sub>i</sub> (kN)</b>	17430.01	17428.44
<b>V<sub>i</sub>/V</b>	100%	100%
<b>Cek</b>	OK	OK

Berdasarkan Tabel 4.23 di atas, disimpulkan bahwa *Base Shear* sudah memenuhi dari *Base Shear* hitungan sehingga gaya gempa desain sudah bisa digunakan.

#### 4.4.3.8 Kontrol Dual System

Dalam perencanaan gedung sistem ganda SRPMK dan dinding geser beton, disyaratkan agar struktur rangka



pemikul momen memikul minimum dari 25% beban geser nominal dalam arah kerja masing-masing beban gempa. Tabel 4.24 berikut merekapitulasi hasil total reaksi SRPM dan dinding geser.

Tabel 4.24 Kontrol Sistem Ganda

Elemen	Gempa Arah X		Gempa Arah Y	
	Fx (kgf)	%	Fy (kgf)	%
Kolom	5509.18	31.25%	6515.57	35.00%
Shear Wall	12121.41	68.75%	12099.65	65.00%
Total	17630.59	100.00%	18615.22	100.00%

Dari hasil di atas, dapat dilihat bahwa SRPM telah memikul lebih dari batas minimal yaitu 25% total beban geser akibat gempa, sehingga permodelan struktur gedung telah memenuhi syarat sistem ganda.

#### 4.4.3.9 Kontrol Modal Participating Mass Ratios

Sesuai dengan SNI 1726:2019, perhitungan respons dinamik struktur harus didasarkan pada partisipasi massa paling kecil sebesar 90%. Pada Tabel 4.25 berikut menunjukkan hasil partisipasi massa pada ETABS.

Tabel 4.25 Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Modal	1	1.91	0.0664	0.5312	0
Modal	2	1.874	0.7436	0.5661	0
Modal	3	1.758	0.7533	0.6834	0
Modal	4	0.572	0.8508	0.6838	0
Modal	5	0.492	0.8516	0.7585	0
Modal	6	0.461	0.8516	0.8347	0

Modal	7	0.292	0.8832	0.8348	0
Modal	8	0.222	0.8834	0.8491	0
Modal	9	0.206	0.8834	0.8838	0
Modal	10	0.186	0.9043	0.8839	0
Modal	11	0.113	0.9514	0.8839	0
Modal	12	0.11	0.9514	0.9452	0

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon 12 ragam menghasilkan total mencapai lebih dari 90% untuk arah X dan arah Y. Maka syarat partisipasi massa dapat dikatakan sudah memenuhi.

#### 4.4.3.10 Kontrol *Story Drift*

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 20, simpangan antar tingkat lantai untuk struktur SRPMK dan dinding geser beton bertulang (termasuk ke dalam kategori struktur lainnya) dan berada pada kategori resiko II dibatasi sebesar  $0.020 h_{sx}$ , dimana  $h_{sx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x atau tinggi antar tingkat. Maka simpangan izin lantai daripada perencanaan ini adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Delta_{izin 5} &= 0.020 \times 5000 \\ &= 100 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{izin 3.1} &= 0.020 \times 3100 \\ &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

Rekapitulasi daripada simpangan antar lantai yang didapatkan melalui program bantu ETABS disimpulkan pada Tabel 4.26 dan Tabel 4.27 berikut.

Tabel 4.26 Story Max Over Average Drift

Story	Output Case	Max Drift	Avg Drift	Ratio
20	Ex Max	9.598	9.46	1.015

19	Ex Max	6.137	6.05	1.014
18	Ex Max	6.47	6.393	1.012
17	Ex Max	6.872	6.804	1.01
16	Ex Max	7.287	7.226	1.008
15	Ex Max	7.677	7.622	1.007
14	Ex Max	8.017	7.967	1.006
13	Ex Max	8.29	8.245	1.005
12	Ex Max	8.483	8.442	1.005
11	Ex Max	8.581	8.543	1.004
10	Ex Max	8.57	8.538	1.004
9	Ex Max	8.362	8.308	1.007
8	Ex Max	8.346	8.303	1.005
7	Ex Max	8.388	8.358	1.004
6	Ex Max	8.472	8.457	1.002
5	Ex Max	8.584	8.576	1.001
4	Ex Max	8.738	8.71	1.003
3	Ex Max	14.011	13.895	1.008
2	Ex Max	12.147	11.994	1.013
1	Ex Max	5.433	5.36	1.014
Base. 1	Ex Max	3.265	3.185	1.025
Base. 2	Ex Max	0.498	0.48	1.036

Tabel 4.27 Story Max Over Average Drift

Story	Output Case	Max Drift	Avg Drift	Ratio
20	Ey Max	12.264	11.01	1.114
19	Ey Max	7.679	6.894	1.114
18	Ey Max	7.849	7.04	1.115
17	Ey Max	8.028	7.19	1.116

16	Ey Max	8.195	7.329	1.118
15	Ey Max	8.34	7.447	1.12
14	Ey Max	8.456	7.538	1.122
13	Ey Max	8.537	7.597	1.124
12	Ey Max	8.576	7.62	1.125
11	Ey Max	8.569	7.602	1.127
10	Ey Max	8.534	7.559	1.129
9	Ey Max	8.316	7.368	1.129
8	Ey Max	8.196	7.252	1.13
7	Ey Max	7.996	7.067	1.131
6	Ey Max	7.737	6.832	1.132
5	Ey Max	7.406	6.535	1.133
4	Ey Max	6.996	6.164	1.135
3	Ey Max	10.205	8.979	1.137
2	Ey Max	8.156	7.163	1.139
1	Ey Max	3.601	3.162	1.139
Base. 1	Ey Max	2.318	2.031	1.142
Base. 2	Ey Max	0.406	0.357	1.138

Hasil dari simpangan di atas perlu diperbesar dengan faktor perbesaran Simpangan  $C_d$  sebesar 5.5, sehingga dapat disimpulkan hasil perhitungan kontrol simpangan antar tingkat yang terjadi dan batas izinnya pada Tabel 4.28 dan Tabel 4.29 berikut.

Tabel 4.28 Rekapitulasi Simpangan Ijin X

Story	h (m)	$\Delta_{izin}$	Drift (mm)	Drift Terfaktor (mm)	Cek
20	5	100	9.60	52.79	OK

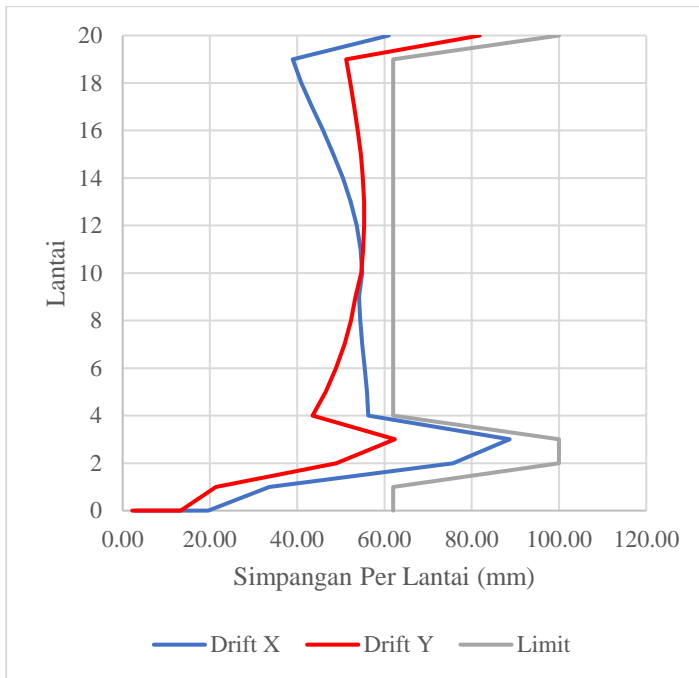
19	3.1	62	6.14	33.75	OK
18	3.1	62	6.47	35.59	OK
17	3.1	62	6.87	37.80	OK
16	3.1	62	7.29	40.08	OK
15	3.1	62	7.68	42.22	OK
14	3.1	62	8.02	44.09	OK
13	3.1	62	8.29	45.60	OK
12	3.1	62	8.48	46.66	OK
11	3.1	62	8.58	47.20	OK
10	3.1	62	8.57	47.14	OK
9	3.1	62	8.36	45.99	OK
8	3.1	62	8.35	45.90	OK
7	3.1	62	8.39	46.13	OK
6	3.1	62	8.47	46.60	OK
5	3.1	62	8.58	47.21	OK
4	3.1	62	8.74	48.06	OK
3	5	100	14.01	77.06	OK
2	5	100	12.15	66.81	OK
1	3.1	62	5.43	29.88	OK
Base. 1	3.1	62	3.27	17.96	OK
Base. 2	3.1	62	0.50	2.74	OK

Tabel 4.29 Rekapitulasi Simpangan Ijin Y

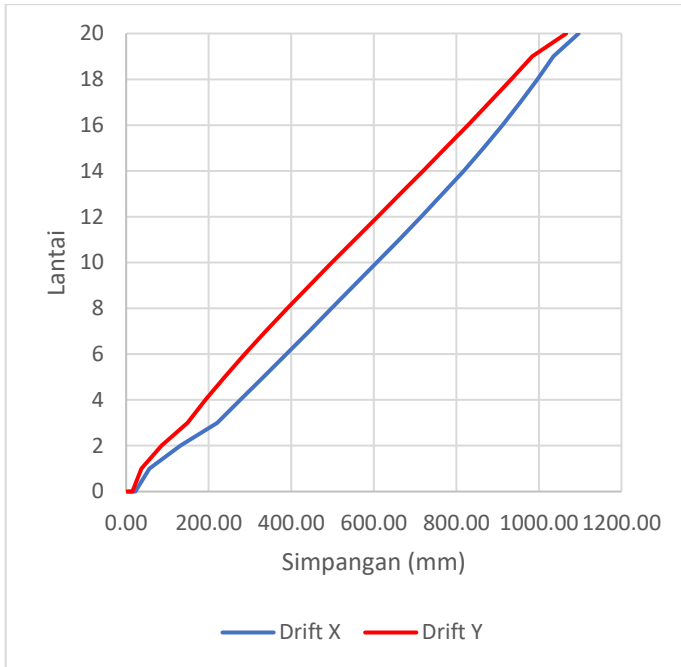
Story	h (m)	$\Delta_{izin}$	Drift (mm)	Drift Terfaktor (mm)	Cek
20	5	100	12.26	67.45	OK
19	3.1	62	7.68	42.23	OK
18	3.1	62	7.85	43.17	OK

17	3.1	62	8.03	44.15	OK
16	3.1	62	8.20	45.07	OK
15	3.1	62	8.34	45.87	OK
14	3.1	62	8.46	46.51	OK
13	3.1	62	8.54	46.95	OK
12	3.1	62	8.58	47.17	OK
11	3.1	62	8.57	47.13	OK
10	3.1	62	8.53	46.94	OK
9	3.1	62	8.32	45.74	OK
8	3.1	62	8.20	45.08	OK
7	3.1	62	8.00	43.98	OK
6	3.1	62	7.74	42.55	OK
5	3.1	62	7.41	40.73	OK
4	3.1	62	7.00	38.48	OK
3	5	100	10.21	56.13	OK
2	5	100	8.16	44.86	OK
1	3.1	62	3.60	19.81	OK
Base. 1	3.1	62	2.32	12.75	OK
Base. 2	3.1	62	0.41	2.23	OK

Berdasarkan tabulasi di atas, dapat disimpulkan bahwa model struktur sudah memenuhi kontrol *drift*. Berikut pada Gambar 4.27 dan Gambar 4.28 adalah grafik simpangan per lantai dan simpangan bangunan.



Gambar 4.38 Simpangan per Lantai



Gambar 4.39 Simpangan Bangunan

#### 4.4.3.11 Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-Delta terlebih dahulu perlu dianalisa apakah perlu diperhitungkan dengan batasan koefisien stabilitas  $\theta$  kurang dari sama dengan 10%. Pada Tabel 4.30 dan Tabel 4.31 berikut menggambarkan nilai yang didapatkan untuk menghitung koefisien stabilitas  $\theta$ .



Tabel 4.30 Kontrol Pengaruh P-Delta Arah X

Arah X							
Story	Px	$\Delta$	Ie	Vx	hsx	Cd	$\theta$
	kN	mm		kN	mm		
20	8308.1	52.8	1	1745.3	5000	5.5	1%
19	23550.1	33.8	1	3578.3	3100	5.5	1%
18	36551.2	35.6	1	4995.4	3100	5.5	2%
17	49552.3	37.8	1	6240.9	3100	5.5	2%
16	62553.4	40.1	1	7352.9	3100	5.5	2%
15	75554.5	42.2	1	8357.7	3100	5.5	2%
14	88555.6	44.1	1	9267.2	3100	5.5	2%
13	101556.7	45.6	1	10087.4	3100	5.5	3%
12	114557.8	46.7	1	10829.1	3100	5.5	3%
11	127558.9	47.2	1	11512.6	3100	5.5	3%
10	140560.0	47.1	1	12160.9	3100	5.5	3%
9	153561.1	46.0	1	12790.0	3100	5.5	3%
8	166562.2	45.9	1	13403.2	3100	5.5	3%
7	179563.3	46.1	1	13996.8	3100	5.5	3%
6	192564.4	46.6	1	14569.3	3100	5.5	4%
5	205565.5	47.2	1	15123.8	3100	5.5	4%
4	218566.6	48.1	1	15659.3	3100	5.5	4%
3	231521.9	77.1	1	16204.9	3100	5.5	6%
2	248843.9	66.8	1	16648.1	5000	5.5	4%
1	266078.3	29.9	1	16884.9	5000	5.5	2%

Tabel 4.31 Kontrol Pengaruh P-Delta Arah Y

Arah Y							
Story	Px	$\Delta$	Ie	Vx	hsx	Cd	$\theta$
	kN	mm		kN	mm		
20	10213.1	67.5	1	1801.5	5000	5.5	1%
19	33704.8	42.2	1	3582.4	3100	5.5	2%
18	45117.7	43.2	1	4879.2	3100	5.5	2%
17	102182.3	44.2	1	5907.4	3100	5.5	4%
16	113595.3	45.1	1	6716.3	3100	5.5	4%
15	67943.6	45.9	1	7364.0	3100	5.5	2%
14	90769.4	46.5	1	7907.1	3100	5.5	3%
13	102182.3	47.0	1	8390.9	3100	5.5	3%
12	160106.4	47.2	1	8844.6	3100	5.5	5%
11	171805.8	47.1	1	9284.1	3100	5.5	5%
10	125008.2	46.9	1	9719.7	3100	5.5	4%
9	136707.6	45.7	1	10168.4	3100	5.5	4%
8	148407.0	45.1	1	10650.3	3100	5.5	4%
7	160106.4	44.0	1	11169.6	3100	5.5	4%
6	171805.8	42.6	1	11726.3	3100	5.5	4%
5	183505.2	40.7	1	12302.4	3100	5.5	4%
4	195204.6	38.5	1	12864.2	3100	5.5	3%
3	208625.9	56.1	1	13419.0	3100	5.5	5%
2	224295.2	44.9	1	13883.2	5000	5.5	3%
1	238502.7	19.8	1	14225.4	5000	5.5	1%

Berdasarkan tabulasi di atas, karena nilai  $\theta$  secara keseluruhan berada di bawah 0.1, maka disimpulkan bahwa

pengaruh P-Delta tidak perlu diperhitungkan pada perencanaan ini.

#### **4.4.4 Gaya Dalam Hasil Permodelan**

Setelah seluruh kontrol dapat dipenuhi, maka gaya dalam daripada struktur yang didapatkan menggunakan program bantu ETABS dapat dimunculkan. Pada Tabel 4.32, Tabel 4.33, dan Tabel 4.34 berikut adalah secara berurutan gaya dalam untuk balok, kolom, dan dinding geser yang didapatkan menggunakan ETABS.

Tabel 4.32 Rekapitulasi Gaya Dalam Balok

Tipe Balok	Mu Tumpuan +	Mu Tumpuan -	Mu Lapangan +	Mu Lapangan -	Geser +	Geser -	Torsi +	Torsi -
	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
BI 1	490.32	-876.41	166.13	4.51	309.98	-390.29	128.84	-132.24
BI 2	130.05	-203.36	110.31	-115.89	120.96	-120.51	32.75	-32.71
BI 3	146.47	-202.86	47.21	11.35	115.55	-104.88	49.02	-49.81
BI 4	199.40	-368.31	85.26	15.97	158.51	-137.70	41.48	-60.12
BI 5	1139.68	-1307.84	466.67	-498.58	670.45	-754.47	59.93	-51.92
BI 6	783.92	-1033.19	588.76	-491.30	510.43	-854.31	118.71	-117.37
BI 7	1231.66	-1440.85	497.78	-554.37	975.39	-619.18	70.09	-88.32

Tabel 4.33 Rekapitulasi Gaya Dalam Kolom

Kombinasi	K1		Lantai 19			
	P	Geser X	Geser Y	Torsi	Mu Y	Mu X
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
D + L	300.78	90.46	74.60	0.73	163.76	206.03
1.2D + 1.6L	369.39	114.05	93.40	0.84	204.94	260.23
1.4D	391.54	108.25	90.88	1.11	199.74	246.17
1.2D + L + Ex	399.76	168.88	129.67	7.16	284.54	385.09
1.2D + L - Ex	399.76	168.88	129.67	7.16	284.54	385.09
1.2D + L + Ey	445.28	171.36	204.41	16.11	447.27	390.69
1.2D + L - Ey	445.28	171.36	204.41	16.11	447.27	390.69
0.9D + Ex	309.67	142.23	100.51	6.99	220.65	315.35
0.9D - Ex	309.67	142.23	100.51	6.99	220.65	315.35
0.9D + Ey	340.27	131.53	175.25	15.94	383.38	299.17
0.9D - Ey	340.27	131.53	175.25	15.94	383.38	299.17
Envelope	445.28	171.36	204.41	16.11	447.27	390.69
<b>K2</b>			<b>Lantai 14 - 18</b>			

Kombinasi	P	Geser X	Geser Y	Torsi	Mu Y	Mu X
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
D + L	1706.80	156.57	113.19	0.69	172.38	238.16
1.2D + 1.6L	2172.80	199.30	141.68	0.79	215.81	303.33
1.4D	1955.58	186.16	138.02	1.06	210.00	283.16
1.2D + L + Ex	2119.41	390.48	213.96	7.68	329.50	600.57
1.2D + L - Ex	2119.41	390.48	213.96	7.68	329.50	600.57
1.2D + L + Ey	2372.79	322.71	375.37	18.44	577.54	500.38
1.2D + L - Ey	2372.79	322.71	375.37	18.44	577.54	500.38
0.9D + Ex	1494.85	324.79	171.83	7.53	265.11	499.05
0.9D - Ex	1494.85	324.79	171.83	7.53	265.11	499.05
0.9D + Ey	1752.45	257.02	333.24	18.29	513.14	398.86
0.9D - Ey	1752.45	257.02	333.24	18.29	513.14	398.86
Envelope	2372.79	390.48	375.37	18.44	577.54	600.57
<b>K3</b>			<b>Lantai 9 - 13</b>			
Kombinasi	P	Geser X	Geser Y	Torsi	Mu Y	Mu X
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
D + L	3181.05	156.57	113.19	0.69	172.38	238.16

1.2D + 1.6L	4063.07	199.30	141.68	0.79	215.81	303.33
1.4D	3593.14	186.16	138.02	1.06	210.00	283.16
1.2D + L + Ex	3986.10	473.29	226.75	7.86	348.93	730.06
1.2D + L - Ex	3986.10	473.29	226.75	7.86	348.93	730.06
1.2D + L + Ey	4389.47	348.10	438.20	19.75	679.69	538.41
1.2D + L - Ey	4389.47	348.10	438.20	19.75	679.69	538.41
0.9D + Ex	2880.89	416.46	188.38	7.71	291.29	642.68
0.9D - Ex	2880.89	416.46	188.38	7.71	291.29	642.68
0.9D + Ey	3257.37	291.27	399.83	19.61	622.05	451.03
0.9D - Ey	3257.37	291.27	399.83	19.61	622.05	451.03
Envelope	4389.47	473.29	438.20	19.75	679.69	730.06
<b>K4</b>			<b>Lantai 3 - 8</b>			
<b>Kombinasi</b>	<b>P</b>	<b>Geser X</b>	<b>Geser Y</b>	<b>Torsi</b>	<b>Mu Y</b>	<b>Mu X</b>
	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kNm)</b>
D + L	5045.85	156.57	113.19	0.69	172.38	238.16
1.2D + 1.6L	6455.28	199.30	141.68	0.79	215.81	303.33
1.4D	5663.27	186.16	138.02	1.06	210.00	283.16
1.2D + L + Ex	6441.64	571.92	230.89	7.72	356.38	889.88

1.2D + L - Ex	6441.64	571.92	230.89	7.72	356.38	889.88
1.2D + L + Ey	7946.52	348.98	458.62	19.73	718.46	539.38
1.2D + L - Ey	7946.52	348.98	458.62	19.73	718.46	539.38
0.9D + Ex	4775.99	536.59	206.19	7.58	318.82	836.36
0.9D - Ex	4775.99	536.59	206.19	7.58	318.82	836.36
0.9D + Ey	6317.06	297.35	426.97	19.59	673.98	459.39
0.9D - Ey	6317.06	297.35	426.97	19.59	673.98	459.39
Envelope	7946.52	571.92	458.62	19.73	718.46	889.88
<b>K5</b>			<b>Lantai 1 - 2</b>			
<b>Kombinasi</b>	<b>P</b>	<b>Geser X</b>	<b>Geser Y</b>	<b>Torsi</b>	<b>Mu Y</b>	<b>Mu X</b>
	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kNm)</b>
D + L	5838.56	156.57	113.19	0.69	172.38	238.16
1.2D + 1.6L	7481.00	199.30	141.68	0.79	215.81	303.33
1.4D	6512.45	186.16	138.02	1.06	210.00	283.16
1.2D + L + Ex	7537.76	390.48	213.96	8.61	380.50	931.59
1.2D + L - Ex	7537.76	390.48	213.96	8.61	380.50	931.59
1.2D + L + Ey	9730.01	322.71	375.37	23.61	732.47	500.38
1.2D + L - Ey	9730.01	322.71	375.37	23.61	732.47	500.38



0.9D + Ex	5743.27	347.81	171.83	8.46	340.07	887.47
0.9D - Ex	5743.27	347.81	171.83	8.46	340.07	887.47
0.9D + Ey	7769.95	257.02	333.24	23.46	684.59	427.28
0.9D - Ey	7769.95	257.02	333.24	23.46	684.59	427.28
Envelope	9730.01	390.48	375.37	23.61	732.47	931.59
<b>K6</b>			<b>Basement 1 dan Basement 2</b>			
<b>Kombinasi</b>	<b>P</b>	<b>Geser X</b>	<b>Geser Y</b>	<b>Torsi</b>	<b>Mu Y</b>	<b>Mu X</b>
	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kNm)</b>
D + L	7034.13	156.57	113.19	0.69	172.38	238.16
1.2D + 1.6L	9067.87	199.30	141.68	0.79	215.81	303.33
1.4D	7653.56	186.16	138.02	1.06	210.00	283.16
1.2D + L + Ex	9733.73	498.88	213.96	7.68	329.50	793.16
1.2D + L - Ex	9733.73	498.88	213.96	7.68	329.50	793.16
1.2D + L + Ey	11796.24	322.71	375.37	18.44	577.54	500.38
1.2D + L - Ey	11796.24	322.71	375.37	18.44	577.54	500.38
0.9D + Ex	7523.52	475.73	175.86	7.53	265.11	759.65
0.9D - Ex	7523.52	475.73	175.86	7.53	265.11	759.65
0.9D + Ey	9237.74	257.02	333.24	18.29	513.14	398.86

0.9D - E <sub>y</sub>	9237.74	257.02	333.24	18.29	513.14	398.86
Envelope	11796.24	498.88	375.37	18.44	577.54	793.16

Tabel 4.34 Rekapitulasi Gaya Dalam Shear Wall

Shear Wall 1						
Kombinasi	P	Geser X	Geser Y	Torsi	Mu Y	Mu X
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
D + L	37412.94	71.29	293.55	427.55	629.37	7795.38
1.2D + 1.6L	47503.74	74.89	383.83	574.54	810.52	10375.15
1.4D	43249.40	137.09	300.45	383.38	687.64	7352.70
1.2D + L + E <sub>x</sub>	48220.96	2391.48	6319.66	3830.67	50934.43	51213.04
1.2D + L - E <sub>x</sub>	48220.96	2391.48	6319.66	3830.67	50934.43	51213.04
1.2D + L + E <sub>y</sub>	51728.66	7011.41	2027.60	10935.93	16049.68	138557.73
1.2D + L - E <sub>y</sub>	51728.66	7011.41	2027.60	10935.93	16049.68	138557.73
0.9D + E <sub>x</sub>	32432.71	2378.48	6284.95	3766.31	50743.75	47454.37
0.9D - E <sub>x</sub>	32432.71	2378.48	6284.95	3766.31	50743.75	47454.37
0.9D + E <sub>y</sub>	35940.42	6998.41	1992.89	10871.58	15858.99	134799.06

0.9D - Ey	35940.42	6998.41	1992.89	10871.58	15858.99	134799.06
Envelope	51728.66	7011.41	6319.66	10935.93	50934.43	138557.73
<b>Shear Wall 2</b>						
Kombinasi	P	Geser X	Geser Y	Torsi	Mu Y	Mu X
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
D + L	36719.93	127.10	110.37	585.03	361.27	9375.13
1.2D + 1.6L	46691.08	177.27	150.14	778.16	472.39	12287.04
1.4D	42212.83	93.21	92.58	560.63	369.77	9496.10
1.2D + L + Ex	52259.30	2754.87	6092.69	4718.20	50833.49	61826.55
1.2D + L - Ex	52259.30	2754.87	6092.69	4718.20	50833.49	61826.55
1.2D + L + Ey	53259.53	8573.25	1915.35	14217.83	15877.04	174970.53
1.2D + L - Ey	53259.53	8573.25	1915.35	14217.83	15877.04	174970.53
0.9D + Ex	36645.79	2751.33	6075.66	4615.63	50741.06	57213.62
0.9D - Ex	36645.79	2751.33	6075.66	4615.63	50741.06	57213.62
0.9D + Ey	37646.02	8569.71	1898.33	14115.27	15784.60	170357.60
0.9D - Ey	37646.02	8569.71	1898.33	14115.27	15784.60	170357.60
Envelope	53259.53	8573.25	6092.69	14217.83	50833.49	174970.53

## 4.5 Struktur Primer

### 4.5.1 Umum

Struktur primer atau biasa disebut pula struktur utama merupakan struktur yang menahan kombinasi beban secara keseluruhan, baik gravitasi maupun beban gempa. Komponen yang akan dibahas pada subbab struktur primer ini adalah balok induk, kolom, dan dinding geser.

### 4.5.2 Perencanaan Balok Induk

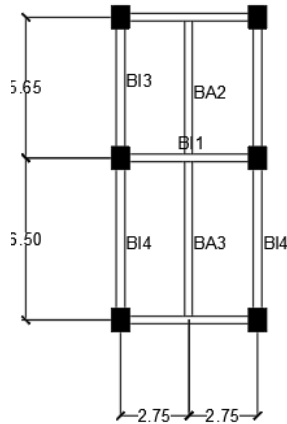
Pada perencanaan ini akan digunakan 7 jenis balok yang dibedakan berdasarkan bentang dan dimensinya, yaitu seperti pada Tabel 4.35 berikut.

Tabel 4.35 Bentang dan Dimensi Balok

Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)	
		h	b
BI 1	5.50	80.00	60.00
BI 2	6.10	60.00	40.00
BI 3	5.65	60.00	40.00
BI 4	6.50	65.00	45.00
BI 5	3.25	90.00	60.00
BI 6	3.05	90.00	60.00
BI 7	2.75	90.00	60.00

Balok induk direncanakan dalam kondisi yang serupa seperti balok anak, yaitu kondisi setelah komposit, kondisi sebelum komposit, dan kondisi pengangkatan balok. Dari ketiga kondisi tersebut, diambil penulangan terbesar untuk kebutuhan balok induk tersebut. Pada perencanaan ini akan digunakan perhitungan pada BI 1.

Pada Gambar 4.28 berikut adalah denah daripada perencanaan Balok Induk ini.



Gambar 4.40 Denah Perencanaan BI 1

#### 4.5.2.1 Data Perencanaan Balok Induk

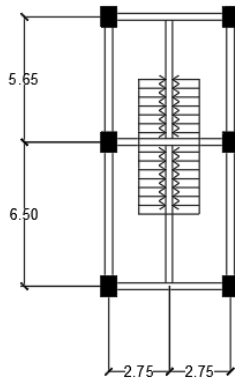
Berikut merupakan data perencanaan untuk BI 1 pada perencanaan Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) ini.

Dimensi <i>Full Beam</i>	= 60 x 80 cm
Dimensi <i>Half Beam</i>	= 60 x 65 cm
<i>Overtopping</i>	= 15 cm
$f'_c$	= 35 MPa
$f_y$	= 420 MPa
L	= 5.5 meter
Tulangan Longitudinal	= 32 mm
Tulangan Transversal	= 13 mm
Tebal <i>Cover</i>	= 50 mm

### 1.5.2.2. Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada BI 1 adalah berat sendiri balok induk, beban akibat pelat, dan beban balok anak yang menumpu pada balok induknya. Dalam perencanaan ini, BI 1 adalah satu-satunya balok induk yang ditumpu oleh balok anak.

Distribusi beban pada BI diilustrasikan pada Gambar 4.29 berikut.



Gambar 4.41 Ilustrasi Pembebanan BI 1

1. Sebelum Komposit
  - a. Beban Mati Merata
 

Berat Sendiri Balok	= $2400 \times 0.6 \times 0.65$
	= 936 kg/m
<i>Overtopping</i>	= $2400 \times 0.6 \times 0.15$
	= 216 kg/m
$q_D$	= 1152 kg/m
$q_u$	= $1152 \times 1.4$
	= 1612.8 kg/m
  - b. Beban Mati Terpusat
 

Berat Pelat Sisi Atas	= $2400 \times 2.8 \times 2.75 \times 0.15$
	= 27996.75 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Balok Anak Sisi Atas} &= 2400 \times 2.8 \times 0.35 \times 0.45 \\
 &= 1067.85 \text{ kg} \\
 \text{Berat Pelat Sisi Bawah} &= 2400 \times 3.3 \times 2.75 \times 0.15 \\
 &= 1170 \text{ kg} \\
 \text{Balok Anak Sisi Bawah} &= 2400 \times 3.3 \times 0.35 \times 0.5 \\
 &= 1365 \text{ kg} \\
 P_D &= 6399.6 \text{ kg} \\
 P_u &= 6399.6 \times 1.4 \\
 &= 8959.44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

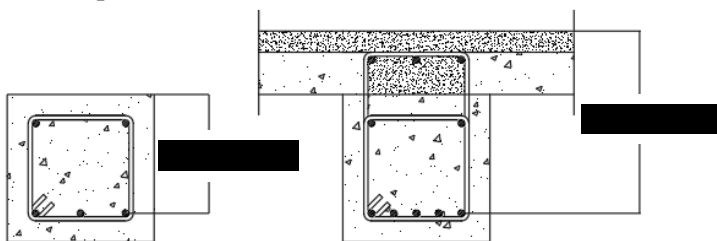
2. Saat Pengangkatan

a. Beban Mati Merata

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Sendiri Balok} &= 2400 \times 0.6 \times 0.65 \\
 &= 936 \text{ kg/m} \\
 q_D &= 936 \text{ kg/m} \\
 q_u &= 936 \times 1.4 \\
 &= 1310.4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Induk

Perencanaan tulangan direncanakan sesuai dengan ilustrasi pada Gambar 4.30 berikut.



Gambar 4.42 Ilustrasi *Half Beam* dan *Full Beam*

1. Setelah Komposit

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\
 &= 0.80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= 0.25 \frac{\sqrt{35}}{420} \\ &= 0.0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{420} \\ &= 0.0033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\ &= \frac{420}{0.85 (35)} \\ &= 14.12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - D_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\ &= 800 - 50 - 13 - 0.5(32) \\ &= 721 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' &= \text{clear cover} + D_{\text{senggang}} + 0.5D_{\text{tulangan}} \\ &= 50 + 13 + 0.5(32) \\ &= 79 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_{\text{tump. -}} = 87641.43 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{tump. +}} = 49032.00 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{lap. +}} = 16613.11 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{lap. -}} = 451.49 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$V_u = 39028.82 \text{ kg (Hasil ETABS)}$$

a. Tulangan Negatif Tumpuan

$$M_u = 87641.43 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{87641.43 \times 10^4}{0.90 (600) (721)^2} \\
&= 3.12 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{3.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 3.12}{420}} \right) \\
&= 0.0078 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.0078 > \rho_{\text{min}} \\
A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0.0078 \times 600 \times 721 \\
&= 3404.92 \text{ mm}^2 \\
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
&= \frac{3404.92}{0.25\pi(32)^2} \\
&= 5 \text{ buah} \\
S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 32 \text{ mm} \\
S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
\text{Shasil} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{400 - 5(32) - 2(50) - 2(13)}{5 - 1} \\
&= 79 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 5D32.

b. Tulangan Positif Tumpuan

$$M_u = 49032.00 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{49032 \times 10^4}{0.90 (600) (721)^2} \\
&= 1.74 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.74}{420}} \right) \\
&= 0.0042 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.0042 > \rho_{\text{min}} \\
A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0.0042 \times 600 \times 721 \\
&= 1855.25 \text{ mm}^2 \\
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
&= \frac{1855.25}{0.25\pi(32)^2} \\
&= 3 \text{ buah} \\
s_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 32 \text{ mm} \\
s_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
\text{Shasil} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{400 - 3(32) - 2(50) - 2(13)}{3 - 1} \\
&= 189 \text{ mm} > s_{\text{min}} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan positif tumpuan 3D32.

c. Kontrol Tulangan Rangkap Tumpuan Negatif

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{A_s}{bd} \\
&= \frac{5 \times 804.25}{600 \times 721} \\
&= 0.00929
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A'_s}{bd} \\
 &= \frac{3 \times 804.25}{400 \times 721} \\
 &= 0.0055 \\
 \rho - \rho' &= 0.00929 - 0.0055 \\
 &= 0.003718 \\
 \rho_{cy} &= \frac{0.85f'_c d'}{df_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) \\
 &= \frac{0.85 \times 35 \times 79}{721 \times 420} 0.80 \left( \frac{600}{600 - 420} \right) \\
 &= 0.0206 > \rho - \rho' \text{ (Tulangan Belum Leleh)} \\
 f'_s &= 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right) \\
 A_s f_y &= 0.85 f'_c ab + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c) \\
 a &= \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b} \\
 \beta_1 c &= \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}
 \end{aligned}$$

Maka berdasarkan persamaan diatas dapat disederhanakan sebagai persamaan kuadrat dan diperoleh:

$$\begin{aligned}
 c_1 &= 79.1086 \text{ mm} \\
 c_2 &= -168.72 \text{ mm} \\
 c_{pakai} &= 79.1086 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 c \\
 &= 0.80 (79.1086) \\
 &= 63.28 \text{ mm} \\
 f'_s &= 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right) \\
 &= 600 \left( \frac{79.1086 - 79}{79.1086} \right) \\
 &= 0.82 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left( d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\
 &= (5 \times 804 \times 420 - 3 \times 804 \times 0.82) \left( 721 - \frac{63.28}{2} \right) + 3 \times 804 \times 0.82 \times (721 - 79) \\
 &= 113718.9 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0.90 (113718.9) \\
 &= 102356.96 \text{ kgm} \geq M_u \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\
 &= 0.01839 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol Tulangan Rangkap Tumpuan Positif

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A_s}{bd} \\
 &= \frac{3 \times 804.25}{400 \times 721} \\
 &= 0.0055
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\
 &= \frac{5 \times 804.25}{600 \times 721} \\
 &= 0.00929
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho - \rho' &= 0.0055 - 0.00929 \\
 &= -0.003718
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{cy} &= \frac{0.85 f'_c d'}{d f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) \\
 &= \frac{0.85 \times 35 \times 79}{721 \times 420} 0.80 \left( \frac{600}{600 - 420} \right) \\
 &= 0.0206 > \rho - \rho' \text{ (Tulangan Belum Leleh)}
 \end{aligned}$$

$$f'_s = 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right)$$

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A_s' (f_s' - 0.85 f_c')}{0.85 f_c' b}$$

Maka berdasarkan persamaan diatas dapat disederhanakan sebagai persamaan kuadrat dan diperoleh:

$$c_1 = 79.1086 \text{ mm}$$

$$c_2 = -168.72 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 79.1086 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 c \\ &= 0.80 (79.1086) \\ &= 63.28 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right) \\ &= 600 \left( \frac{79.1086-79}{79.1086} \right) \\ &= 0.82 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s f_y - A_s' f_s') \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' f_s' (d - d') \\ &= (3 \times 804 \times 420 - 5 \times 804 \times 0.82) \left( 721 - \frac{63.28}{2} \right) + 5 \times 804 \times 0.82 \times (721 - 79) \\ &= 69840.404 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.90 (69840.404) \\ &= 62856.37 \text{ kgm} \geq M_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\ &= 0.024 > 0.005 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

e. Tulangan Positif Lapangan

$$M_u = 21910.36 \text{ kgm (Digunakan } \frac{1}{4} M_{\text{Tumpuan}} \text{)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{21910.3575 \times 10^4}{0.90 (600) (721)^2} \\
&= 0.78 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.78}{420}} \right) \\
&= 0.0018 < \rho_{\text{min}} \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0.0035 \times 600 \times 721 \\
&= 1523.39 \text{ mm}^2 \\
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
&= \frac{1523.39}{0.25\pi(32)^2} \\
&= 1.89 \\
&= 2 \\
S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 32 \text{ mm} \\
S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{400 - 2(32) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
&= 410 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D32.

f. Tulangan Negatif Lapangan

$$M_u = 21910.36 \text{ kgm (Digunakan } \frac{1}{4} M_{\text{Tumpuan}} \text{)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{21910.3575 \times 10^4}{0.90 (600) (721)^2} \\
 &= 0.78 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.78}{420}} \right) \\
 &= 0.0018 < \rho_{\text{min}} \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 600 \times 721 \\
 &= 1523.39 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{1523.39}{0.25\pi(32)^2} \\
 &= 1.89 \\
 &= 2 \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 32 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(32) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 410 \text{ mm} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D32.

g. Kontrol Tulangan Rangkap Lapangan

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2 \times 804.25}{600 \times 721} \\
&= 0.0037 \\
\rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\
&= \frac{2 \times 804.25}{400 \times 721} \\
&= 0.0037 \\
\rho - \rho' &= 0.0037 - 0.0037 \\
&= 0 \\
\rho_{cy} &= \frac{0.85f'_c d'}{df_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) \\
&= \frac{0.85 \times 35 \times 79}{721 \times 420} 0.80 \left( \frac{600}{600 - 420} \right) \\
&= 0.0206 > \rho - \rho' \text{ (Tulangan Belum Leleh)} \\
f'_s &= 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right) \\
A_s f_y &= 0.85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c) \\
a &= \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b} \\
\beta_1 c &= \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}
\end{aligned}$$

Maka berdasarkan persamaan diatas dapat disederhanakan sebagai persamaan kuadrat dan diperoleh:

$$\begin{aligned}
c_1 &= 65.09 \text{ mm} \\
c_2 &= -82.019 \text{ mm} \\
c_{pakai} &= 65.09 \text{ mm} \\
a &= \beta_1 c \\
&= 0.80 (65.095) \\
&= 52.07 \text{ mm} \\
f'_s &= 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right)
\end{aligned}$$



$$= 600 \left( \frac{52.07 - 79}{79.1086} \right)$$

$$= -128.159 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left( d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\ &= (2 \times 804 \times 420 - 2 \times 804 \times 0) \left( 721 - \frac{63.28}{2} \right) + 2 \times 804 \times 0 \times (721 - 79) \\ &= 46949.4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0.90 (46949.4)$$

$$= 42254.45 \text{ kgm} \geq M_u \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} 0.003$$

$$= 0.03 > 0.005 \text{ (OK)}$$

h. Kontrol Balok T Tumpuan

$$b_{e1} = \frac{l}{4}$$

$$= \frac{5.5}{4}$$

$$= 1375 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = b_w + 2(8h_f)$$

$$= 600 + 16 (150)$$

$$= 3000 \text{ mm}$$

$$b_{e3} = b_w + \text{total transverse span}$$

$$= 600 + 0.5 (2825 + 3050)$$

$$= 3637.5 \text{ mm}$$

$$b_{e \text{ pakai}} = 1375 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b_e}$$

$$= 0.8 \text{ mm}$$

$$t_f = 150 \text{ mm} > a \text{ (Merupakan balok T palsu)}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 5 \times 804 \times (420) \left( 721 - \frac{0.8}{2} \right) \\
 &= 71807.52 \text{ kgm} \\
 \phi M_n &= 0.90 (71807.52) \\
 &= 64626.77 \text{ kgm} \geq M_u \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{0.8}{0.80} \\
 &= 30.96 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\
 &= 0.066 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

i. Tulangan Geser

Nilai geser daripada balok induk setelah komposit ditinjau berdasarkan momen maksimum atau momen probabilistik ( $M_{pr}$ ) yang dapat dihasilkan pada muka kolom dimana nilai  $f_y$  diperbesar 1.25 kali. Nilai momen probabilistik ini senilai dengan momen nominal terpasang, yang dalam perencanaan ini diasumsikan memiliki konfigurasi tulangan serupa pada kedua sisinya. Nilai  $M_{pr}$  pada tiap sisi kolom direkapitulasi pada Tabel 4.36 berikut.

Tabel 4.36 Rekapitulasi  $M_{pr}$  Balok

Lokasi		As' (mm <sup>2</sup> )	As (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>pr</sub> (kNm)
Kiri	-	2412.7	4021.2	118.3	1397.3
Kanan	+	4021.2	2412.7	71.0	868.3
Kiri	+	4021.2	2412.7	71.0	868.3
Kanan	-	2412.7	4021.2	118.3	1397.3

$$M_{pr1} = 1397.29 \text{ kNm}$$

$$M_{pr2} = 868.34 \text{ kNm}$$

$$L_n = 4.8 \text{ m}$$

$$W_u = 55.32 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} V_{e1} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2} \\ &= \frac{1397.29 + 868.34}{4.8} + \frac{55.32 \times 4.8}{2} \\ &= 604.78 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{e2} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} - \frac{W_u L_n}{2} \\ &= \frac{1397.29 + 868.34}{4.8} - \frac{55.32 \times 4.8}{2} \\ &= 339.23 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{e \text{ pakai}} = 604.78 \text{ kN}$$

Sebelum menghitung kapasitas geser daripada balok, perlu ditentukan terlebih dahulu apakah kapasitas geser dari beton ( $V_c$ ) dapat diperhitungkan dalam perencanaan kapasitas geser nanti. Nilai  $V_c$  harus diasumsikan sama dengan nol apabila syarat berikut terpenuhi.

$$\frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \geq 0.5 V_{e \text{ pakai}}$$

$$\frac{1397.29 + 868.34}{4.8} \geq 0.5 (604.80)$$

$$472.00 \text{ kNm} \leq 302.40 \text{ kNm (OK)}$$

Berdasarkan syarat di atas, nilai  $V_c$  harus diasumsikan sama dengan nol. Syarat lain meliputi gaya aksial daripada balok ( $P_u \leq \frac{1}{20} A_g f'_c$ ) tidak perlu diperhitungkan karena gaya aksial daripada balok sangat kecil.

$$\begin{aligned} V_u &= V_e \\ &= 604.78 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 0.17 \sqrt{35} \times 600 \times 800 \\
 &= 435.08 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= 326.31 \text{ kN} \\
 0.5\phi V_c &= 163.16 \text{ kN} \\
 V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 0.062 \sqrt{45} \times 600 \times 800 \\
 &= 159.96 \text{ kN} \\
 \phi V_{s \text{ min}} &= 119.96 \text{ kN} \\
 \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) &= 446.28 \text{ kN} \\
 V'_s &= 0.35 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 0.35 \times \sqrt{45} \times 600 \times 800 \\
 &= 853.10 \text{ kN} \\
 \phi V'_s &= 639.10 \text{ kN} \\
 \phi (V_c + V'_s) &= 956.41 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya perlu diperhitungkan kondisi yang dipenuhi oleh kekuatan geser pada tumpuan.

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 4:

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V'_s) \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena kondisi 4 persyaratan tulangan geser dipenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok ini dengan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 S_{\max 1} &= \frac{d}{2} \\
 &= \frac{721}{2} \\
 &= 360.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\max 2} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\
 &= 192 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\max 3} = 150 \text{ mm}$$

$$V_u = 604.78$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ Perlu} &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{604.78}{0.75} \\
 &= 806.38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$D_{\text{senggang}} = 13 \text{ mm}$$

$$f_{y \text{ senggang}} = 420 \text{ MPa}$$

$$n = 2 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ pakai} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{senggang}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\
 &= 265.46 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v f_y d}{V_s \text{ Perlu}} \\
 &= \frac{265.46 \times 420 \times 721}{806.38} \\
 &= 99.69 < S_{\max} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 75 \text{ mm}$$

Daerah plastis:

$$2h = 1600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{splice}} = 250 \text{ mm (Diasumsikan)}$$

Maka digunakan tulangan geser tumpuan 2D13-75 mm sepanjang daerah plastis 1850 mm dengan sengkang pertama dipasang 50 mm dari tumpuan.

$$V_u = 502.44 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 0.17 \sqrt{35} \times 600 \times 800 \\
 &= 435.08 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= 326.31 \text{ kN} \\
 0.5\phi V_c &= 163.16 \text{ kN} \\
 V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 0.062 \sqrt{45} \times 600 \times 800 \\
 &= 159.96 \text{ kN} \\
 \phi V_{s \text{ min}} &= 119.96 \text{ kN} \\
 \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) &= 446.28 \text{ kN} \\
 V'_s &= 0.35 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 0.35 \times \sqrt{45} \times 600 \times 800 \\
 &= 853.10 \text{ kN} \\
 \phi V'_s &= 639.10 \text{ kN} \\
 \phi (V_c + V'_s) &= 956.41 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya perlu diperhitungkan kondisi yang dipenuhi oleh kekuatan geser pada lapangan.

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 4:

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V'_s) \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena kondisi 4 persyaratan tulangan geser dipenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok ini dengan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
S_{\max 1} &= \frac{d}{2} \\
&= \frac{721}{2} \\
&= 360.5 \text{ mm} \\
S_{\max 2} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\
&= 192 \text{ mm} \\
S_{\max 3} &= 150 \text{ mm} \\
s &= 100 \text{ mm} \\
V_u &= 502.44 \\
V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
&= \frac{502.44}{0.75} \\
&= 669.91 \text{ kN} \\
V_c &= 435.08 \text{ kN} \\
V_s \text{ perlu} &= V_n - V_c \\
&= 234.83 \text{ kN} \\
D_{\text{seنگkang}} &= 13 \text{ mm} \\
f_y \text{ seنگkang} &= 420 \text{ MPa} \\
n &= 2 \text{ kaki} \\
A_v \text{ pakai} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{seنگkang}}^2 \\
&= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\
&= 265.46 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
S &= 100 \text{ mm} \\
V_s &= \frac{A_v f_y d}{s} \\
&= \frac{265.46 \times 420 \times 721}{100} \\
&= 803.88 \text{ kN} > V_s \text{ perlu (OK)}
\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan geser tumpuan 2D13-100 mm luar daerah plastis 1850 mm dengan seنگkang pertama dipasang 50 mm dari tumpuan.

## j. Tulangan Torsi

Dalam perencanaan tulangan torsi terlebih dahulu diperiksa apakah tulangan torsi dibutuhkan berdasarkan persyaratan berikut:

$$T_u = 132.24 \text{ kN}$$

$$A_{cp} = 600 \times 900 \text{ mm}$$

$$= 480000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2800 \text{ mm}$$

$$T_{cr} = 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0.33 (1) \sqrt{35} \left( \frac{480000}{2800} \right)$$

$$= 160.65 \text{ kNm}$$

$$\phi T_{cr} = 120.46 \text{ kNm} \leq T_u \text{ (Perlu Tulangan Torsi)}$$

$$x_1 = b - 2(\text{clear cover} + D_{senggang})$$

$$= 600 - 2(50 + 13)$$

$$= 474 \text{ mm}$$

$$y_1 = h - 2(\text{clear cover} + D_{senggang})$$

$$= 800 - 2(50 + 13)$$

$$= 674 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_1 \times y_1$$

$$= 474 \times 674$$

$$= 319,476 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0.85 A_{oh}$$

$$= 271554.6 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2(x_1 + y_1)$$

$$= 2(474 + 674)$$

$$= 22296.6 \text{ mm}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\cot \theta = 1$$



$$\phi \left( \frac{V_c}{bd} + 0.66\sqrt{f'_c} \right) = 0.75 \left( \frac{435}{0.6 \times 0.72} + 0.66\sqrt{35} \right)$$

$$= 3.68$$

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{bd} \right)^2 + \left( \frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{390}{0.6 \times 0.72} \right)^2 + \left( \frac{160 \times 0.2}{1.7 \times 319^2} \right)^2}$$

$$= 1.96 > 3.68 \text{ (Penampang Cukup)}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$= 176.33 \text{ kNm}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_{yt} \cot \theta}$$

$$= \frac{176.33 \times 10^6}{2 \times 271554 \times 420 \times 1}$$

$$= 0.77 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{one leg}$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$= 342903.24 - 251232.24$$

$$= 91,671.00 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yt} d}$$

$$= \frac{435.08}{420(721)}$$

$$= 0.280 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{two leg}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s}$$

$$= 1.82 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{two leg}$$

$$D_{\text{senggang}} = 13 \text{ mm}$$

$$A_{vt} = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{vt}}{A_{vt}/s}$$

$$= 145.26 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max1}} = \frac{P_h}{8}$$

$$= 287 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\max 2} &= 300 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 140 \text{ mm} \\
 A_{vt \text{ min}1} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_{yt}} \\
 &= 73.36 \text{ mm}^2 \\
 A_{vt \text{ min}2} &= 0.35 \frac{bs}{f_{yt}} \\
 &= 70 \text{ mm}^2 < A_{vt} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Tulangan Longitudinal:

$$\begin{aligned}
 A_l &= \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \cot^2 \theta \\
 &= 1774.80 \text{ mm}^2 \\
 A_{l \text{ min}} &= \frac{0.42 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\
 &= 1064.92 \text{ mm}^2 < A_l \text{ (OK)} \\
 \frac{A_t}{s} \text{ min} &= 0.175 \frac{b}{f_{yt}} \\
 &= 0.25 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{one leg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan tulangan torsi ini, tulangan akan dibagi menjadi 4 bagian, yaitu sebesar 50% merata pada bagian samping balok, dan 50% pada bagian tulangan tulangan tarik dan tekan.

2. Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{30 - 28}{7} \\
 &= 0.83 \\
 \rho_{\text{min}1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\
 &= 0.25 \frac{\sqrt{30}}{420}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0032 \\
 \rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{420} \\
 &= 0.0033 \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 f_c'} \\
 &= \frac{420}{0.85 (30)} \\
 &= 16.47 \\
 d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \emptyset_{\text{sengkang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\
 &= 650 - 50 - 13 - 0.5(32) \\
 &= 571 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Seperti pada perencanaan balok anak, balok induk sebelum komposit dianggap menumpu sederhana sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak terjadi.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tumpuan}} &= 0 \text{ kgm} \\
 M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L \\
 &= \frac{1}{8} (1152)(4.6)^2 + \frac{1}{4} (6399.6)(4.6) \\
 &= 14601.98 \text{ kgm} \\
 V_u &= 0.5 (q_u L + P_u) \\
 &= 0.5 (1152 \times 4.6 + 6399.6) \\
 &= 8195.44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

a. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0033 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0033 \times 600 \times 571 \\
 &= 1142 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1142}{0.25\pi(32)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{600 - 2(32) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 410 \text{ mm} > S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan negatif dan positif lapangan 2D32.

b. Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1142 \text{ kgm} \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{1142 \times 10^4}{0.90 (600) (571)^2} \\
 &= 0.829 \text{ Mpa} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.47 \times 0.829}{420}} \right) \\
 &= 0.0020 < \rho_{\min} \\
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0033 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0033 \times 600 \times 571 \\
 &= 804.24 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{804.24}{0.25\pi(32)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{600 - 2(32) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 410 \text{ mm} > S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 44.15 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{37.84}{0.83} \\
 &= 52.83 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.02 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D32.

c. Tulangan Negatif Lapangan

$$M_u = 7300.99 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{7300.99 \times 10^4}{0.90 (600) (571)^2} \\
 &= 0.41 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.47 \times 0.41}{420}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0009 < \rho_{\min} \\
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0033 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0033 \times 600 \times 571 \\
 &= 804.25 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{804.25}{0.25\pi(32)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{600 - 2(32) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 410 \text{ mm} > S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 44.15 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{44.15}{0.83} \\
 &= 52.83 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.03 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D32.

d. Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 81956.11 \text{ N} \\
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} b d
 \end{aligned}$$

$$= 344.56 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 258.42 \text{ N}$$

$$0.5\phi V_c = 129.21 \text{ N}$$

Selanjutnya perlu diperhitungkan kondisi yang dipenuhi oleh kekuatan geser pada tumpuan.

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena kondisi 1 persyaratan tulangan geser dipenuhi, maka digunakan tulangan minimum geser pada balok dengan digunakan tulangan geser tumpuan 2D13-120 mm dan tulangan lapangan 2D12-280 mm.

### 3. Saat Pengangkatan

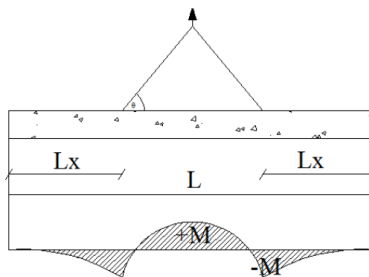
#### a. Penulangan Balok *Half Beam*

$$d = h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \phi_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}}$$

$$= 650 - 50 - 13 - 0.5(32)$$

$$= 571 \text{ mm}$$

Balok direncanakan dengan 2 titik angkat dengan lokasi titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan seperti pada gambar 4.31 berikut.



Gambar 4.43 Titik Angkat Balok Induk

$$y_t = \frac{h}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{650}{2} \\
 &= 32.5 \text{ cm} \\
 I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} bh^3 \\
 &= \frac{1}{12} 60(650)^3 \\
 &= 1373125 \text{ cm}^4 \\
 y_c &= y_t + 5 \\
 &= 32.5 + 5 \\
 &= 37.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut  $45^\circ$

$$\begin{aligned}
 \theta &= 45^\circ \\
 L &= 5.5 \text{ m} \\
 X &= \frac{1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left( 1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)} \\
 &= 0.254 \text{ m} \\
 LX &= 4.61 (0.254) \\
 &= 1.21 \text{ m} \\
 W &= 1310.4 \text{ kg/m} \\
 M_+ &= \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right) \\
 M_+ &= 958.52 \text{ kgm} \\
 M_- &= \frac{WX^2L^2}{8} \\
 M_- &= 958.52 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Karena nilai momen terlalu kecil, maka dapat digunakan nilai  $\rho_{\min}$  seperti pada perencanaan balok sebelum komposit dan menghasilkan tulangan lapangan dan tumpuan 2D32.

b. Perhitungan Tulangan Angkat

$$K = 1.2$$



$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0.65 (0.6) (5.5) (2400) \\
 &= 4313.08 \text{ kg} \\
 q &= K \times 1.4DL \\
 &= 1.2 (1.4)(4313.08) \\
 &= 7245.98 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## c. Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{q}{2(\cos 45)} \\
 &= \frac{7245}{2 \cos (45)} \\
 &= 5123.68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{SF} \\
 &= \frac{0.7 \sqrt{30}}{1.5} \\
 &= 2.76 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{1}{6} b (h_{\text{pracetak}})^2 \\
 &= \frac{1}{6} 50 (65)^2 \\
 &= 42250 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{balok}} &= \frac{M_u}{Z} \\
 &= \frac{958.51 \times 10^4}{42250 \times 10^3} \\
 &= 0.22 \text{ MPa} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

## d. Pemilihan Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL dengan tipe yaitu JRd/JM36. Disetiap titik angkat, profil ini

dapat mengangkat beban sebesar 63 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .

Bedasarkan perhitungan balok induk di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi penulangan balok induk seperti pada Tabel 4.37 berikut.

Tabel 4.37 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

<b>Tipe Balok</b>	<b>BI 1</b>		<b>BI 2</b>		<b>BI 3</b>	
<b>Tulangan</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>
<b>Dimensi</b>	600 mm x 800 mm		400 mm x 600 mm		400 mm x 600 mm	
<b>Bentang</b>	5.5 m		6.1 m		5.65 m	
<b>Decking</b>	50 mm		50 mm		50 mm	
<b>Atas</b>	5D32	3D32	3D25	2D25	3D25	3D25
<b>Tengah</b>	2D32	2D32	2D25	2D25	2D25	2D25
<b>Bawah</b>	3D32	3D32	2D25	2D25	3D25	3D25
<b>Sengkang</b>	2D13-75 mm	2D13-100 mm	2D13-120 mm	2D13-125 mm	2D13-120 mm	2D13-180 mm
<b>Tu (kN)</b>	51.24		25.96		23.65	
<b>Tipe JRd/JM</b>	JRd/JM36		JRd/JM 30		JRd/JM 24	
<b>Tipe Balok</b>	<b>BI 4</b>		<b>BI 5</b>		<b>BI 6</b>	
<b>Tulangan</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>
<b>Dimensi</b>	450 mm x 650 mm		600 mm x 900 mm		600 mm x 900 mm	
<b>Bentang</b>	6.5 m		3.25 m		3.05 m	
<b>Decking</b>	50 mm		50 mm		50 mm	
<b>Atas</b>	5D25	3D25	7D32	3D32	5D32	3D32
<b>Tengah</b>	2D25	2D25	2D32	2D32	2D32	2D32

<b>Bawah</b>	3D25	3D25	6D32	3D32	4D32	3D32
<b>Sengkang</b>	2D13- 120 mm	2D13- 200 mm	2D16- 50 mm	2D16- 50 mm	2D16- 75 mm	2D16- 50 mm
<b>Tu (kN)</b>	35.01		30.25		39.13	
<b>Tipe JRd/JM</b>	JRd/JM 30		JRd/JM 30		JRd/JM 30	
<b>Tipe Balok</b>	<b>BI 7</b>					
<b>Tulangan</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>				
<b>Dimensi</b>	600 mm x 900 mm					
<b>Bentang</b>	2.75 m					
<b>Decking</b>	50 mm					
<b>Atas</b>	7D32	3D32				
<b>Tengah</b>	2D32	2D32				
<b>Bawah</b>	6D32	3D32				
<b>Sengkang</b>	2D16- 50 mm	2D16- 50 mm				
<b>Tu (kN)</b>	23.84					
<b>Tipe JRd/JM</b>	JRd/JM 24					

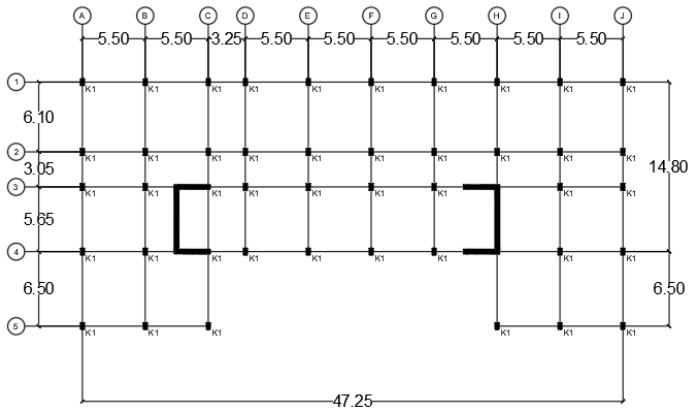
#### 4.5.3 Perencanaan Kolom

Pada perencanaan kolom Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) ini dibedakan menjadi 6 tipe kolom dengan dimensi dan tinggi yang berbeda-beda, yaitu seperti pada Tabel 4.38 berikut.

Tabel 4.38 Tinggi dan Dimensi Kolom

Type Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)	
		h	b
K1	5.00	80.00	65.00
K2	3.10	80.00	65.00
K3	3.10	80.00	65.00
K4	3.10	80.00	65.00
K5	5.00	90.00	70.00
K6	3.10	90.00	70.00

Pada Gambar 4.32 berikut adalah denah daripada perencanaan Kolom ini.



Gambar 4.44 Denah Perencanaan Kolom

#### 4.5.3.1 Data Perencanaan Kolom

Berikut merupakan data perencanaan untuk K2 pada perencanaan Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) ini.

Dimensi Kolom = 65 x 80 cm

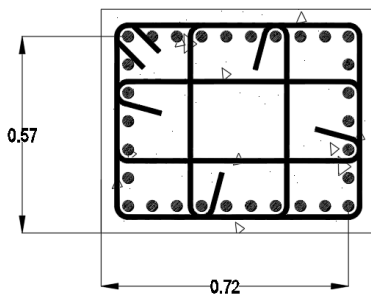
$f_c$	= 45 MPa
$f_y$	= 420 MPa
Tinggi lantai	= 3.1 meter
Tulangan Longitudinal	= 32 mm
Tulangan Transversal	= 16 mm
Tebal <i>Cover</i>	= 50 mm

Data lain yang didapatkan melalui program bantu ETABS dalam perhitungan kolom adalah sebagai berikut:

$P_u$	= 237279.00 kg
$V_{ux}$	= 39048.00 kg
$V_{uy}$	= 37537.00 kg
$M_{ux}$	= 60057.00 kgm
$M_{uy}$	= 57754.00 kgm
$T_u$	= 1844.00 kgm

#### 4.5.3.2 Perencanaan Tulangan Kolom

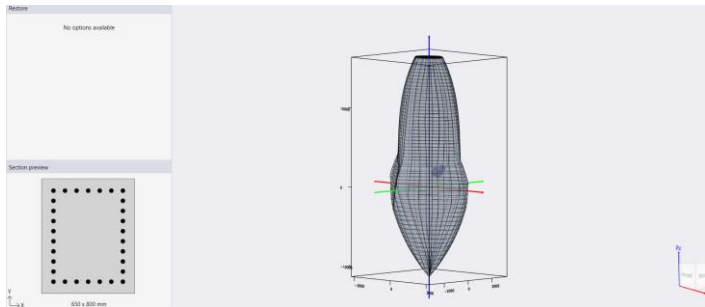
Perencanaan kolom akan didasarkan pada penampang kolom seperti diilustrasikan pada Gambar 4.33 berikut.



Gambar 4.45 Penampang Kolom

##### 1. Penulangan Longitudinal Kolom

Dalam perencanaan penulangan longitudinal kolom digunakan program bantu SpColumn untuk mengetahui diagram interaksi daripada kapasitas aksial dan momen pada kolom. Hasil daripada analisa interaksi antara aksial, momen x, dan momen y menggunakan SpColumn didapatkan seperti pada Gambar 4.33 berikut.



Gambar 4.46 Diagram Interaksi Biaxial Kolom

Jumlah tulangan yang digunakan untuk kolom K2 adalah 30 D32. Berdasarkan diagram interaksi di atas, dapat disimpulkan seperti perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 60057.00 \text{ kgm} \\ &= 600.57 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 57754.00 \text{ kgm} \\ &= 577.54 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{nx} = 1933.99 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nx} = 1740.59 \text{ kNm} > M_{ux} \text{ (OK)}$$

$$M_{ny} = 1859.85 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{ny} = 1673.89 \text{ kNm} > M_{uy} \text{ (OK)}$$

Luas tulangan longitudinal  $A_{st}$ , disyaratkan tidak kurang dari  $0.01 A_g$  atau lebih dari  $0.06 A_g$ .

$$A_{st} = n_{\text{tulangan}} \times A_s$$

$$= 30 \times 0.25\pi(32)^2$$

$$= 24127.43 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 6500 \times 8000$$

$$= 520000 \text{ mm}^2$$

$$0.01A_g = 10,000 \text{ mm}^2 < A_{st} \text{ (OK)}$$

$$0.06A_g = 60,000 \text{ mm}^2 > A_{st} \text{ (OK)}$$

Selain itu kapasitas nominal tarik dari kolom pracetak juga disyaratkan tidak kurang dari  $1.4 A_g$ .

$$1.4A_g = 728.000 \text{ N}$$

$$A_s f_y = 10.133.521 \text{ N} > 1.4A_g \text{ (OK)}$$

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka kumulatif nilai momen kapasitas kolom disyaratkan tidak kurang dari kumulatif  $\frac{6}{5}$  momen kapasitas balok.

$$\phi M_{nx} = 1740.59 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{ncx} = 3481.19 \text{ kNm}$$

$$M_{nbx1} = 1799.91 \text{ kNm}$$

$$M_{nbx2} = 682.68 \text{ kNm}$$

$$\frac{6}{5} \sum M_{nbx} = 2979.13 \text{ kNm} < \sum M_{ncx} \text{ (OK)}$$

$$\phi M_{ny} = 1673.86 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{ncy} = 1919.21 \text{ kNm}$$

$$M_{nby1} = 1285.65 \text{ kNm}$$

$$M_{nby2} = 313.69 \text{ kNm}$$

$$\frac{6}{5} \sum M_{nby} = 1919.21 \text{ kNm} < \sum M_{ncy} \text{ (OK)}$$

## 2. Penulangan Transversal Kolom

Gaya geser desain,  $V_e$ , didapatkan dari program bantu spColumn dengan menggunakan nilai  $f_s$  sebesar  $1.25 f_y$ .

$$f_s = 525 \text{ MPa}$$

$$L_u = 2.2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{prx} &= 3275.77 \text{ kNm} \\
 V_{ex} &= \frac{2M_{prx}}{L_u} \\
 &= \frac{2(3275.77)}{2.2} \\
 &= 2977.97 \text{ kN} \geq V_{ux} \text{ (OK)} \\
 M_{pry} &= 2758.23 \text{ kNm} \\
 V_{ey} &= \frac{2M_{pry}}{L_u} \\
 &= \frac{2(2758.23)}{2.2} \\
 &= 2507.48 \text{ kN} \geq V_{uy} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Tulangan transversal harus disediakan sepanjang  $l_o$  dari muka sambungan dengan nilai  $l_o$  seperti pada hitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 l_{o1} &= h_{kolom} \\
 &= 800 \text{ mm} \\
 l_{o2} &= \frac{1}{6} L_u \\
 &= 366.67 \text{ mm} \\
 l_{o2} &= 450 \text{ mm} \\
 l_{o \text{ pakai}} &= 800 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan transversal perlu dipasang sepanjang 800 mm.

$$\begin{aligned}
 S_{max1} &= \frac{1}{4} h_{kolom} \\
 &= 250 \text{ mm} \\
 S_{max2} &= 6D_{longitudinal} \\
 &= 6 \times 32 \\
 &= 192 \text{ mm} \\
 S_{max3} &= 100 \text{ mm} \\
 S_{pakai} &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a. Tulangan Transversal Arah X



$$\begin{aligned} b_{c1} &= \text{Jarak tulangan longitudinal Y} \\ &= 800 - 2(50) \\ &= 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{c2} &= \text{Jarak tulangan longitudinal X} \\ &= 650 - 2(50) \\ &= 550 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= b_{c1} \times b_{c2} \\ &= 385000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.3A_g f'_c &= 0.3 (520000) (45) \\ &= 7020 \text{ kN} > P_u \text{ (Tidak perlu } A_{sh \text{ min}3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh \text{ min}1} &= 0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \\ &= 309.95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh \text{ min}2} &= 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \\ &= 265.178 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sh \text{ min}} = 309.95 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0.25\pi(16)^2 \\ &= 201.06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n \text{ pakai} = 4 \text{ buah}$$

Sebelum menghitung kapasitas geser daripada kolom, perlu ditentukan terlebih dahulu apakah kapasitas geser dari beton ( $V_c$ ) dapat diperhitungkan dalam perencanaan kapasitas geser nanti. Nilai  $V_c$  harus diasumsikan sama dengan nol apabila kedua syarat berikut terpenuhi.

$$V_e = 2977.93 \text{ kN}$$

$$0.5 V_e = 1488.99 \text{ kN}$$

$$V_u = 390.48 < 0.5 V_e \text{ (Syarat 1 Terpenuhi)}$$

$$P_u = 2372.79 \text{ kN}$$

$$\frac{A_g f_c}{20} = 1170 \text{ kN} < P_u \text{ (Syarat 2 Tidak Terpenuhi)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa kekuatan geser beton dapat diperhitungkan dalam perhitungan ini.

$$V_e = 2977.98 \text{ kN}$$

$$d = 568 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\ &= 0.17 \left( 1 + \frac{2372790}{14 \times 520000} \right) \times \sqrt{45} \times 600 \times 568 \\ &= 687.09 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\ &= 3837.27 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \phi (V_c + V_s) \\ &= 3393.2391 > V_e \text{ (OK)} \end{aligned}$$

#### b. Tulangan Transversal Arah Y

$$\begin{aligned} b_{c1} &= \text{Jarak tulangan longitudinal Y} \\ &= 800 - 2(50) \\ &= 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{c2} &= \text{Jarak tulangan longitudinal X} \\ &= 650 - 2(50) \\ &= 550 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= b_{c1} \times b_{c2} \\ &= 385000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.3A_g f_c &= 0.3 (520000) (45) \\ &= 7020 \text{ kN} > P_u \text{ (Tidak perlu } A_{sh \text{ min}3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh \text{ min}1} &= 0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}} s b_c \\ &= 394.48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sh \min 2} = 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c$$

$$= 337.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh \min} = 394.48 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0.25\pi(16)^2$$

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

$$n \text{ pakai} = 4 \text{ buah}$$

Sebelum menghitung kapasitas geser daripada kolom, perlu ditentukan terlebih dahulu apakah kapasitas geser dari beton ( $V_c$ ) dapat diperhitungkan dalam perencanaan kapasitas geser nanti. Nilai  $V_c$  harus diasumsikan sama dengan nol apabila kedua syarat berikut terpenuhi.

$$V_e = 2507.48 \text{ kN}$$

$$0.5 V_e = 1253.74 \text{ kN}$$

$$V_u = 375.3 < 0.5 V_e \text{ (Syarat 1 Terpenuhi)}$$

$$P_u = 2372.79 \text{ kN}$$

$$\frac{A_g f_{rc}}{20} = 1170 \text{ kN} < P_u \text{ (Syarat 2 Tidak Terpenuhi)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa kekuatan geser beton dapat diperhitungkan dalam perhitungan ini.

$$V_e = 2507.48 \text{ kN}$$

$$d = 718 \text{ mm}$$

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \left( 1 + \frac{2372790}{14 \times 520000} \right) \times \sqrt{45} \times 800 \times 568$$

$$= 868.54 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

$$= 4850.58 \text{ kN}$$

$$V_n = \phi (V_c + V_s)$$

$$= 4289.34 > V_e \text{ (OK)}$$

Sehingga dapat disimpulkan untuk digunakan sengkang 4D16-50 mm sepanjang daerah plastis 800 mm dan 4D16-150 mm diluar daerah plastis 800 mm.

### 3. Penulangan Torsi Kolom

$$\begin{aligned} T_u &= 1814.4 \text{ kgm (Hasil ETABS)} \\ &= 18.44 \text{ kNm} \\ N_u &= 2372.79 \text{ kN} \\ A_{cp} &= 650 \times 800 \\ &= 520000 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= 2(650 + 800) \\ &= 2900 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan ACI 318M-14 pasal 22.7.4.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor  $T_u$  kurang dari perumusan berikut:

$$\begin{aligned} T_{cr} &= 0.33\lambda\sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33A_g\lambda\sqrt{f'_c}}} \\ &= 0.33(1) \sqrt{45} \left( \frac{520000}{2900} \right) \sqrt{1 + \frac{2372.79}{0.33 \times 10^6 \sqrt{45}}} \\ &= 206.62 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$\phi T_{cr} = 154.96 \text{ kNm} \geq T_u$  (Tidak Perlu Tulangan Torsi)

### 4. Penulangan Angkat Kolom

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= -0.0054 \text{ w l}^2 \\ &= -0.0054 (1843) 3.2^2 \\ &= 95.65 \text{ kgm} < M_n \text{ (OK)} \\ M_{\max 2} &= 0.0034 \text{ w l}^2 \\ &= 0.0034 (1843) 3.2^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 602.24 \text{ kgm} < M_n \text{ (OK)} \\
 P_{u \text{ max}} &= 0.96 \text{ w l} \\
 &= 0.96 (1843) 3.2 \\
 &= 5485.36 \text{ kg} \\
 \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{\text{SF}} \\
 &= \frac{0.7 \sqrt{25}}{1.5} \\
 &= 2.76 \text{ MPa} \\
 \sigma_{\text{kolom}} &= \frac{M_u}{Z} \\
 &= \frac{602.24 \times 10^{-3}}{\frac{1}{6} \times 0.8 \times (3.1)^2} \\
 &= 0.47 \text{ MPa} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)} \\
 DL &= 3968.8 \\
 K &= 1.2 \\
 q &= 4642.56 \text{ kg} \\
 T_u &= \frac{q}{\cos 45} \\
 &= 6565.57 \text{ kg} \\
 T_{u \text{ bawah}} &= \frac{T_u}{4} \\
 &= \frac{6565.57}{4} \\
 &= 1641.40 \text{ kg} \\
 &= 16.41 \text{ kN} \\
 T_{u \text{ atas}} &= \frac{T_u}{2} \\
 &= \frac{6565.57}{2} \\
 &= 3282.79 \text{ kg} \\
 &= 32.83 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan

adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL dengan tipe yaitu JRd/JM30 dan JRd/JM20. Di setiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dan 20 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .

Berdasarkan perhitungan kolom di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi penulangan kolom seperti pada Tabel 4.39 berikut.

Tabel 4.39 Rekapitulasi Tulangan Kolom

<b>Tipe</b>	<b>K1</b>		<b>K2</b>		<b>K3</b>	
<b>Kondisi</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>
<b>Penampang</b>	65x80 cm		65x80 cm		65x80 cm	
<b>Tulangan</b>	30 D32		30 D32		30 D32	
<b>Senggang</b>	4D16- 100 mm	4D16- 150 mm	4D16- 50 mm	4D16- 150 mm	4D16- 50 mm	4D16- 150 mm
<b>Tu (kN)</b>	52.95		32.83		32.83	
	26.47		16.41		16.41	
<b>Tipe JL</b>	JRd/JM36		JRd/JM 30		JRd/JM 30	
	JRd/JM 30		JRd/JM20		JRd/JM20	
<b>Tipe</b>	<b>K4</b>		<b>K5</b>		<b>K6</b>	
<b>Kondisi</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>	<b>Tum.</b>	<b>Lap.</b>
<b>Penampang</b>	65x80 cm		70x90 cm		70x90 cm	
<b>Tulangan</b>	30 D32		30 D32		30 D32	
<b>Senggang</b>	4D16- 50 mm	4D16- 150 mm	4D16- 50 mm	4D16- 150 mm	4D16- 50 mm	4D16- 150 mm
<b>Tu (kN)</b>	32.83		64.15		39.77	
	16.41		32.07		19.89	
<b>Tipe JL</b>	JRd/JM 30		JRd/JM42		JRd/JM 30	
	JRd/JM20		JRd/JM 30		JRd/JM20	

#### 4.5.4 Perencanaan *Shear Wall*

Perencanaan dinding geser akan dibedakan menjadi dua arah, yaitu dinding geser pada arah X dan arah Y. Dinding geser arah X akan direncanakan untuk menahan semua gaya pada arah X dan dinding geser arah Y akan direncanakan untuk menahan semua gaya pada arah Y. Pada subbab ini akan dicontohkan perhitungan dinding geser arah X.

##### 4.5.4.1 Data Perencanaan *Shear Wall*

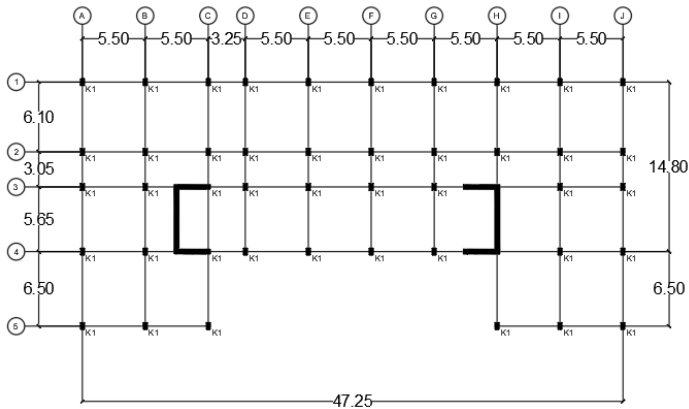
Berikut merupakan data perencanaan *shear wall* pada gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C).

Tebal Dinding	= 60 cm
Lebar Dinding	= 300 cm
Panjang Dinding	= 625 cm
Tinggi Dinding	= 3.1 m
$f'c$	= 45 MPa
$f_y$	= 420 MPa
D Longitudinal	= 32 mm
D Transversal	= 16 mm
<i>Clear Cover</i>	= 50 mm
$d$	= 518 mm

Data lain yang didapatkan melalui program bantu ETABS dalam perhitungan dinding geser adalah sebagai berikut:

$P_u$	= 5,325,953.46 kg
$V_{ux}$	= 857,325.23 kg
$V_{uy}$	= 631,965.71 kg
$M_{ux}$	= 17,497,053.39 kgm
$M_{uy}$	= 5,093,443.32 kgm

*Shear Wall* akan direncanakan sesuai dengan denah pada Gambar 4.34 berikut.



Gambar 4.47 Denah Shear Wall

#### 4.5.4.1 Perhitungan Penulangan *Shear Wall*

1. Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

$$V_n = \frac{Vu}{\phi}$$

$$= 11431.00 \text{ kN}$$

$$A_{cw} = l_w \times h$$

$$= 305 \times 600 \times 2$$

$$= 3,660,000 \text{ mm}^2$$

$$V_{n \max} = \phi 0.83 A_{cw} \sqrt{f'_c}$$

$$V_{n \max} = 0.75 \times 0.83 \times 3,660,000 \sqrt{45}$$

$$V_{n \max} = 20378.18 \text{ kN} > V_n \text{ (OK)}$$

2. Jumlah Lapis Tulangan

Jumlah lapis tulangan ditentukan apabila *Shear Wall* memenuhi persyaratan berikut.

Syarat 1:

$$A_{cv} = 3,660,000 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 8573.25 \text{ kN}$$



$$V_u > 0.17 \times 3,660,000 \sqrt{45}$$

$$V_u > 8573.25 \text{ kN (Memenuhi Syarat)}$$

Syarat 2:

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$h > 250 \text{ mm (Memenuhi Syarat)}$$

Maka digunakan 2 lapis tulangan pada desain dinding geser.

### 3. Tulangan Transversal

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{2950}{3050}$$

$$= 0.96$$

$$\frac{h_w}{l_w} < 1.5$$

$$\alpha_c = 0.25$$

$$D_{\text{sengkang}} = 16 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times \pi (16)^2$$

$$= 2402.12 \text{ mm}^2$$

$$s = 50 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 50 - 16 - 0.5(32)$$

$$= 518 \text{ mm}$$

$$\rho_t = \frac{A_v}{sd}$$

$$= 0.015$$

$$\rho_{t \text{ min}} = 0.0025$$

$$\rho_{t \text{ pakai}} = 0.015$$

$$\phi V_n = \phi A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

$$= 0.75(3,660,000) (0.17 \sqrt{45} + 0.015 \times 42)$$

$$= 30004,60 \text{ kN} > V_u \text{ (OK)}$$

### 4. Kontrol Komponen Batas

Komponen batas berdasarkan pendekatan perpindahan akan diperlukan dalam perencanaan dinding geser apabila kedua syarat berikut terpenuhi.

$$\delta_u = 100.82 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{100.82}{6000}$$

$$= 0.034$$

$$\frac{\delta_u}{h_w}_{\min} = 0.005$$

$$\frac{\delta_u}{h_w}_{\text{pakai}} = 0.034$$

$$c = \frac{l_w}{600\left(\frac{1.5\delta_u}{h_w}\right)}$$

$$c = \frac{3050}{600(1.5 \times 0.034)}$$

$$= 99.2 \text{ mm}$$

$$c_{\text{spCol.}} = 1266 \text{ mm} \geq c \text{ (Syarat 1 Terpenuhi)}$$

$$0.2 f'_c = 9 \text{ MPa}$$

$$\frac{M_u}{W} + \frac{P_u}{A_c} = \frac{17497053 \times 10^6}{114442656000} + \frac{53259534}{366000000}$$

$$= 15.43 > 0.2 f'_c \text{ (Syarat 2 Terpenuhi)}$$

Maka menurut perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa diperlukan elemen batas. Elemen batas direncanakan sesuai dengan perhitungan berikut.

$$c - 0.1 l_w = 1266 - 0.1 (3050)$$

$$= 961 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{2} = \frac{1266}{2}$$

$$= 633 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 1000 \text{ mm}$$

$$b_{\text{cx}} = \text{jarak pembatas} - \text{cover}$$

$$= 1000 - 50$$

$$= 950 \text{ mm}$$

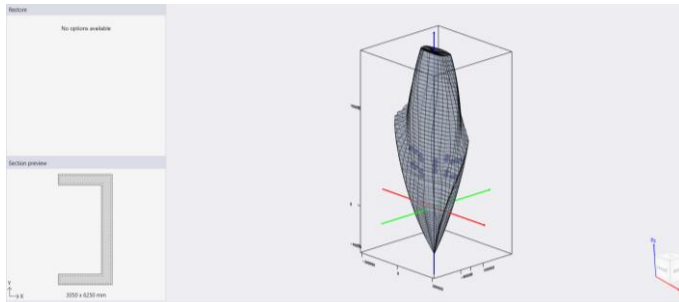
$$\begin{aligned}
 b_{cy} &= h_w - 2 \text{ clear cover} \\
 &= 600 - 2 \times 50 \\
 &= 500 \text{ mm} \\
 A_{ch} &= b_{cx} - b_{cy} \\
 &= 950 \times 500 \\
 &= 475000 \text{ mm}^2 \\
 A_g &= 600000 \text{ mm}^2 \\
 A_{sh}/b_c 1 &= 0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} \\
 &= 0.3 \left( \frac{600000}{475000} - 1 \right) \frac{45}{420} \\
 &= 0.008 \\
 A_{sh}/b_c 2 &= 0.09 \frac{f_c}{f_{yt}} \\
 &= 0.09 \frac{45}{420} \\
 &= 0.010 \\
 A_{sh}/b_c &= 0.010 \\
 D_{tulangan} &= 16 \text{ mm} \\
 n_x &= 5 \\
 A_{shx} &= 5 \times 0.25 \times 16^2 \times \pi \\
 &= 1005.31 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{A_{sh}}{0.010 \times b_{cx}} \\
 &= \frac{1005.31}{0.010 \times 950} \\
 &= 105 \text{ mm} \\
 N_y &= 2 \\
 A_{shy} &= 2 \times 0.25 \times 16^2 \times \pi \\
 &= 402.124 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{A_{sh}}{0.010 \times b_{cy}} \\
 &= \frac{402.12}{0.010 \times 500}
 \end{aligned}$$

$$= 80 \text{ mm}$$

Maka menurut perhitungan di atas, disimpulkan bahwa dibutuhkan tulangan geser pada elemen batas 5D16-80 mm pada bidang x dan 2D16-80 mm pada bidang y sepanjang 1000 mm.

#### 5. Kontrol Tulangan Longitudinal *Shear Wall*

Dinding geser direncanakan menggunakan tulangan longitudinal D32 – 150 mm. Diagram interaksi yang didapatkan dari beban aksial dan momen yang terjadi dianalisa dengan menggunakan program bantu spColumn. Hasil daripada analisa interaksi antara aksial, momen x, dan momen y menggunakan SpColumn didapatkan seperti pada Gambar 4.35 berikut.



Gambar 4.48 Diagram Interaksi Biaxial Shear Wall

Jumlah tulangan yang digunakan untuk shear wall adalah D32-150mm Berdasarkan diagram interaksi di atas, dapat disimpulkan seperti perhitungan berikut.

$$M_{ux} = 174971 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 50993.4 \text{ kNm}$$

$$M_{nx} = 313081.31 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nx} = 234810.98 \text{ kNm} > M_{ux} \text{ (OK)}$$

$$M_{ny} = 122444.27 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{ny} = 91833.20 \text{ kNm} > M_{uy} \text{ (OK)}$$

## 4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

### 4.6.1 Umum

Tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan sambungan mekanis sebagai sambungan antar tulangnya.

Pada daerah sambungan, disediakan tulangan penyaluran yang panjangnya sudah diperhitungkan. Selain itu, diperhitungkan pula geser friksi antara beton yang berbeda umurnya. Dalam hal ini, biasanya digunakan *shear connector* yang berfungsi menahan geser yang mengikat antara pelat pracetak dan *overtopping* agar bekerja secara monolit.

Pada perencanaan ini, sambungan direncanakan menggunakan produk *Modix Rebar Coupler* dari Peikko Group sebagai sambungan balok – kolom dan balok anak – balok induk, sedangkan pada sambungan antar kolom digunakan produk *Splice Sleeve* dari NMB. Sementara itu, untuk menahan beban balok dan gaya geser friksi akan digunakan konsol pendek pada balok induk dan kolom.

### 4.6.2 Perencanaan Konsol Pendek Elemen Pracetak

Pada perencanaan ini akan dicontohkan perhitungan konsol pendek pada BI 1 dengan dimensi 60/80.

#### 4.6.2.1 Data Perencanaan Konsol Pendek

Berikut merupakan data perencanaan untuk konsol pendek untuk balok dengan dimensi 60/80.

$$f'_c = 45 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d_{\text{longitudinal}} = 16 \text{ mm}$$

$$d_{\text{transversal}} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Clear Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 b &= 600 \text{ mm} \\
 h &= 400 \text{ mm} \\
 d &= h - \text{clear cover} - 0.5D \\
 &= 352 \text{ mm} \\
 a_v &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Data lain yang didapatkan melalui program bantu ETABS dalam perhitungan konsol pendek adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_u &= 390.28 \text{ kN} \\
 N_u &= 0.2 \times V_u \\
 &= 0.2 \times 390.28 \\
 &= 78.06 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.2.2 Perhitungan Tulangan Konsol Pendek

##### 1. Luas Pelat Landasan

$$\begin{aligned}
 V_u &= \phi \times 0.85 \times f'_c \times A_1 \\
 A_1 &= \frac{V_u}{\phi 0.85 f'_c} \\
 &= \frac{390.28 \times 10^3}{0.75(0.85)45} \\
 &= 13604.53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka digunakan pelat landasan ukuran 600x175 dengan tebal 15 mm.

##### 2. Luas Tulangan Geser Friksi

Menurut SNI 2847:2019, pada beton normal, kuat geser  $V_n$  dibatasi dengan nilai-nilai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{n \max 1} &= 0.2 f'_c b d \\
 &= 0.2 (45) (600) (352) \\
 &= 1900.8 \text{ kN} \\
 V_{n \max 2} &= (3.3 + 0.08 f'_c) b d \\
 &= (3.3 + 0.08 \times 45) (600) (352)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1457.3 \text{ kN} \\
 V_{n \max 3} &= 11bd \\
 &= 11(600)(352) \\
 &= 2323.2 \text{ kN} \\
 V_{n \max} &= 1457 \text{ kN} \\
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{390.28}{0.75} \\
 &= 520.37 \text{ kN} \leq V_{n \max} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

### 3. Luas Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \times a_v + N_u (h - d) \\
 &= 390280 (150) + 7806 (300 - 352) \\
 &= 62.29 \times 10^6 \text{ Nmm} \\
 &= 62.29 \text{ kNm} \\
 A_f &= \frac{M_u}{\phi f_y d} \\
 &= \frac{62.29 \times 10^6}{0.75 (420)(0.85)(352)} \\
 &= 929.24 \text{ mm}^2 \\
 A_n &= \frac{N_u}{\phi f_y} \\
 &= \frac{78.06 \times 1000}{0.75(420)} \\
 &= 260.19 \text{ mm}^2 \\
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\
 &= \frac{520.37 \times 1000}{420 \times 1.4} \\
 &= 929.24 \text{ mm}^2 \\
 A_{scl} &= A_f + A_n \\
 &= 693.95 + 260.19 \\
 &= 954.13 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc2} &= \frac{2}{3}A_{vf} + A_n \\
 &= \frac{2}{3}(929.24) + 260.19 \\
 &= 879.68 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc3} &= 0.04 \frac{f'_c}{f_y} bd \\
 &= 0.04 \frac{45}{420} (600) (352) \\
 &= 954.13 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{sc \text{ pakai}} = 953.13 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{sc \text{ pakai}}}{0.25\pi D 16^2} \\
 &= \frac{954.13}{0.25\pi 16^2} \\
 &= 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_h &= 0.5 (A_{sc} - A_n) \\
 &= 0.5 (953.13 - 260.19) \\
 &= 346.97 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_h}{0.25\pi D 13^2} \\
 &= \frac{346.97}{0.25\pi 13^2} \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Tulangan dipasang sepanjang  $\frac{2}{3}d = 234.67 \approx 250$  mm.

Sehingga berdasarkan perhitungan yang telah dijabarkan, maka dapat disimpulkan rekapitulasi perhitungan dimensi dan tulangan konsol pendek seperti pada Tabel 4.40 berikut.



Tabel 4.40 Rekapitulasi Penulangan Konsol Pendek

Sambungan	$V_u$ (kN)	$N_u$ (kN)	Dimensi		D longitudinal (mm)	D transversal (mm)	$A_{sc}$ (mm <sup>2</sup> )	n	$A_h$ (mm <sup>2</sup> )	n
			b (mm)	h (mm)						
Balok Anak 35/50	154.51	30.90	350	200	16	13	739.22	4	318.11	3
Balok Anak 35/45	134.77	26.95	350	200	16	13	644.78	4	277.47	3
Balok Induk 40/60	120.95	24.19	400	200	16	13	578.66	3	249.01	2
Balok Induk 45/65	158.51	31.7	450	300	16	13	510.3	3	202.31	2
Balok Induk 60/80	390.28	78.06	600	400	16	13	954.13	5	346.97	3
Balok Induk 60/90	975.39	195.08	600	400	16	13	2384.58	12	867.16	7
Tangga	37.67	7.53	2405	400	16	13	1584.00	8.00	779.44	6

### 4.6.3 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Pada sambungan ini digunakan produk *Modix Rebar Coupler* dengan kekuatan leleh sambungan sebesar 550 MPa.

Sambungan balok anak dan balok induk ini memanfaatkan panjang penyaluran tulangan. Panjang penyaluran bagian atas menerima tarik sedangkan panjang penyaluran atas menerima tekan. Dengan menggunakan *Modix Rebar Coupler*, didesain tahan terhadap tarik maupun tekan. Jenis sambungan yang dipilih adalah sambungan SM untuk standard, PM sebagai penyelaras, RM sebagai sambungan yang mereduksi dimensi tulangan, dan EM sebagai penutup sambungan.

Pada sambungan balok anak dan balok induk terdapat 2 kondisi, yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*.

Pada perencanaan ini akan digunakan contoh perhitungan pada sambungan BA1 – BII untuk *Single Side Connection* dan BA2 – BII – BA3 untuk *Double Side Connection*.

#### 4.6.3.1 Data Perencanaan Balok Anak – Balok Induk

Berikut merupakan data perencanaan sambungan balok anak – balok induk pada gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C).

$f'_c$	= 35 cm
$f_y$	= 420 cm
$d_b$	= 25 cm

#### 4.6.3.2 Perhitungan Single-Side Connection

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BA1 – BII:

### 1. Panjang Penyaluran Tarik

Panjang penyaluran tulangan ulir tarik dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned} l_{dh1} &= \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 16 \\ &= 272.61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh2} &= 8d_b \\ &= 8(16) \\ &= 128 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 280 \text{ mm}$$

Maka akan digunakan  $l_{dh}$  sebesar 150 mm dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar 90° sebesar  $12d_b$  atau sama dengan 192 mm.

Sambungan pada tulangan tarik Balok Anak – Balok Induk dilakukan secara manual tanpa menggunakan *Modix Rebar Coupler*.

### 2. Panjang Penyaluran Tekan

Panjang penyaluran tulangan ulir tekan dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned} l_{dc1} &= \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 16 \\ &= 272.61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc2} &= 8d_b \\ &= 8(16) \\ &= 128 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc3} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\
 &= 0.043 (420) (16) \\
 &= 288.96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka akan digunakan  $l_{dc}$  sebesar 290 mm.

Sambungan pada tulangan tekan Balok Anak – Balok Induk *single sided connection* menggunakan *Modix Coupler SM16A-L-290-PM16-SM16B-P-1525*.

#### 4.6.3.2 Perhitungan Double-Side Connection

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BA2 – BI1 – BA3:

##### 1. Panjang Penyaluran Tarik

Panjang penyaluran tulangan ulir tarik dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{dh1} &= \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 16 \\
 &= 272.61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh2} &= 8d_b \\
 &= 8(16) \\
 &= 128 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh3} &= 150 \text{ mm} \\
 l_{dh} &= 280 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka akan digunakan  $l_{dh}$  sebesar 280 mm dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12d_b$  atau sama dengan 192 mm.

Sambungan pada tulangan tarik Balok Anak – Balok Induk dilakukan secara manual tanpa menggunakan *Modix Rebar Coupler*.

## 2. Panjang Penyaluran Tekan

Panjang penyaluran tulangan ulir tekan dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned} l_{dc1} &= \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 16 \\ &= 272.61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc2} &= 8d_b \\ &= 8(16) \\ &= 128 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc3} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\ &= 0.043 (420) (16) \\ &= 288.96 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka akan digunakan  $l_{dc}$  sebesar 290 mm.

Sambungan pada tulangan tekan Balok Anak – Balok Induk *double sided connection* menggunakan *Modix Coupler SM16B-P-1412.5-PM16-SM16A-D26-600(100-(45)-50-(-45))-PM16-SM16B-P-1625*.

Sehingga menurut contoh perhitungan di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi sambungan balok anak – balok induk seperti pada Tabel 4.41 berikut untuk *single sided connection* dan Tabel 4.42 untuk *double sided connection*.

Tabel 4.41 Rekapitulasi *Single Sided Connection* Balok Anak – Balok Induk

Tipe Sambungan	Sambungan
BA 1	SM16A-L-290-PM16-SM16B-P-1525
	SM16A-L15-290(100-(30))-PM16-SM16B-P-1525

BA 2	SM16A-L-290-PM16-SM16B-P-1412.5
	SM16A- L15-290(100-(30))-PM16-SM16B-P-1412.5
BA 3	SM16A-L-290-PM16-SM16B-P-1625
	SM16A- L15-290(100-(30))-PM16-SM16B-P-1625

Tabel 4.42 Rekapitulasi *Double Sided Connection* Balok Anak – Balok Induk

Tipe Sambungan	Sambungan
BA2 - BA3	SM16B-P-1412.5-PM16-SM16A-D26-600(100-(45)-50-(-45))-PM16-SM16B-P-1625
	SM16B-P-1412.5-PM16-SM16A-D26-600(100-(45)-50-(-45))-PM16-SM16B-P-1625

#### 4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom

Pada perhitungan Balok – Kolom ini, karena kedua sisi tulangan dapat menerima tarik maupun tekan pada kombinasi yang berbeda, maka seluruh tulangan akan diasumsikan pada kondisi terburuk yaitu kondisi tarik dimana panjang penyaluran yang dibutuhkan akan lebih besar.

Pada perencanaan ini akan digunakan contoh perhitungan pada sambungan BI1 – K1 untuk *Single Side Connection* dan BI1 – K1 – BI1 untuk *Double Side Connection*.

##### 4.6.3.1 Data Perencanaan Balok – Kolom

Berikut merupakan data perencanaan sambungan Balok – Kolom pada gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C).

$$f'_c = 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_y &= 420 \text{ cm} \\ d_b &= 32 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### 4.6.3.2 Perhitungan Single-Side Connection

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BI1 – K1:

$$\begin{aligned} l_{dh1} &= \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 32 \\ &= 545.23 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh2} &= 8d_b \\ &= 8(32) \\ &= 256 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 550 \text{ mm}$$

Maka akan digunakan  $l_{dh}$  sebesar 550 mm dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12d_b$  atau sama dengan 384 mm.

Sambungan pada tulangan Balok – Kolom *single sided connection* menggunakan *Modix Coupler SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-1375*.

#### 4.6.3.2 Perhitungan Double-Side Connection

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BI1 – K1 – BI1:

$$\begin{aligned} l_{dh1} &= \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 32 \\ &= 545.23 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh2} &= 8d_b \\
 &= 8(32) \\
 &= 256 \text{ mm} \\
 l_{dh3} &= 150 \text{ mm} \\
 l_{dh} &= 550 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka akan digunakan  $l_{dh}$  sebesar 550 mm dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12d_b$  atau sama dengan 384 mm.

Sambungan pada tulangan Balok – Kolom *double sided connection* menggunakan *Modix Coupler SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D-650-PM32-SM32B-P-1375*.

Sehingga menurut contoh perhitungan di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi sambungan balok – kolom seperti pada Tabel 4.43 berikut untuk *single sided connection* dan Tabel 4.44 untuk *double sided connection*.

Tabel 4.43 Rekapitulasi *Single Sided Connection* Balok – Kolom

<b>Tipe Kolom</b>	<b>Tipe Sambungan</b>	<b>Sambungan</b>
K1, K2, K3, K4	BI 1	SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-1375
	BI 2	SM25A-P12-730(430)-PM25-SM25B-P-1525
	BI 4	SM25A-P12-730(430)-PM25-SM25B-P-1625
K5, K6	BI 1	SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-1375
	BI 2	SM25A-P12-730(430)-PM25-SM25B-P-1525



	BI 4	SM25A-P12-730(430)-PM25-SM25B-P-1625
SW	BI 5	SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-812.5
	BI 6	SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-762.5
	BI 7	SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-687.5
	BA 2	SM16A-P12-472(280)-PM16-SM16B-P-1412.5
	BA 3	SM16A-P12-472(280)-PM16-SM16B-P-1625

Tabel 4.44 Rekapitulasi *Double Sided Connection* Balok – Kolom

<b>Tipe Kolom</b>	<b>Tipe Sambungan</b>	<b>Sambungan</b>
K1, K2, K3, K4	BI 1 - BI 1	SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D-650-PM32-SM32B-P-1375
	BI 1 - BI 5	SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D-650-PM32-SM32B-P-812.5
		SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D26-650(100-(45)-62.5-(-45))-PM32-SM32B-P-812.5
		SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-1375
	BI 1 - BI 7	SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D-650-PM32-SM32B-P-687.5
		SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D26-650(100-(45)-62.5-(-45))-PM32-SM32B-P-687.5
		SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-1375

	BI 6 - BI 2	SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D-800-PM25-RM25B-P-1525
		SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D26-800(100-(45)-100-(-45))-PM25-RM25B-P-1525
		SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-762.5
	BI 6 - BI 3	SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D-800-PM25-RM25B-P-1412.5
		SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D26-800(100-(45)-100-(-45))-PM25-RM25B-P-1412.5
		SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-762.5
	BI 3 - BI 4	SM25B-P-1412.5-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1625
		SM25B-P-1412.5-PM25-SM25A-D26-800(100-(45)-100-(-45))-PM25-SM25B-P-1625
		SM25A-P12-730(430)-PM25-SM25B-P-1412.5
K5, K6	BI 1 - BI 1	SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D-700-PM32-SM32B-P-1375
	BI 1 - BI 5	SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D-700-PM32-SM32B-P-812.5
		SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D26-700(100-(45)-75-(-45))-PM32-SM32B-P-812.5
		SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-1375
	BI 1 - BI 7	SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D-700-PM32-SM32B-P-687.5
		SM32B-P-1375-PM32-SM32A-D26-700(100-(45)-75-(-45))-PM32-SM32B-P-687.5
		SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-1375

	BI 6 - BI 2	SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D-900-PM25-RM25B-P-1525
		SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D26-900(100-(45)-125-(-45))-PM25-RM25B-P-1525
		SM32A-P12-934(550)-PM32-SM32B-P-762.5
	BI 6 - BI 3	SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D-900-PM25-SM25B-P-1412.5
		SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D-900-PM25-RM25B-P-1412.5
		SM32B-P-762.5-PM32-SM32A-D26-900(100-(45)-125-(-45))-PM25-RM25B-P-1412.5
	BI 3 - BI 4	SM25B-P-1412.5-PM25-SM25A-D-900-PM25-SM25B-P-1625
		SM25B-P-1412.5-PM25-SM25A-D26-900(100-(45)-125-(-45))-PM25-SM25B-P-1625
		SM25A-P12-730(430)-PM25-SM25B-P-1412.5

#### 4.6.5 Perencanaan Sambungan Balok – Pelat

Sambungan pada Balok dan Pelat direncanakan agar dilaksanakan secara manual dengan memanfaatkan tulangan yang muncul pada balok. Hal ini dapat dilakukan dikarenakan proses *overtopping* pada balok dan pelat dilakukan bersamaan.

##### 4.6.5.1 Data Perencanaan Balok – Pelat

Berikut merupakan data perencanaan sambungan balok – pelat pada gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C).

$$\begin{aligned}
 f_c &= 35 \text{ cm} \\
 f_y &= 420 \text{ cm} \\
 d_b &= 10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.5.2 Perhitungan Sambungan

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara pelat dan balok:

##### 1. Panjang Penyaluran Tarik

Panjang penyaluran tulangan ulir tarik dihitung seperti berikut:

$$l_{d1} = 300 \text{ mm}$$

$$l_{d2} = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$= \left( \frac{420}{2.1 \sqrt{35}} \right) 10$$

$$= 338.06 \text{ mm}$$

$$l_{d \text{ pakai}} = 350 \text{ mm}$$

Maka akan digunakan  $l_d$  sebesar 350 mm pada daerah tarik.

##### 2. Panjang Penyaluran Tekan

Panjang penyaluran tulangan ulir tekan dihitung seperti berikut:

$$l_{d1} = 200 \text{ mm}$$

$$l_{d2} = \left( \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$= \left( \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{35}} \right) 10$$

$$= 170.38 \text{ mm}$$

$$l_{d3} = 0.043 f_y \psi_r d_b$$

$$= 0.043 (420) (10)$$

$$= 180.6 \text{ mm}$$

$$l_{d \text{ pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Maka akan digunakan  $l_{dc}$  sebesar 200 mm.

#### 4.6.6 Perencanaan Sambungan Kolom - Kolom

Pada perencanaan gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) ini direncanakan untuk menggunakan produk *Splice Sleeve System* dari NMB. Dengan menggunakan produk ini, tulangan antar kolom akan menjadi monolit dan menerus sehingga tidak perlu lagi diperhitungkan panjang sambungannya.

Tipe *Splice Sleeve* yang dipilih dalam perencanaan ini adalah 10U-X karena diameter tulangan yang digunakan dalam perencanaan ini sebesar 32 mm. Tegangan leleh yang digunakan adalah sebesar 586 MPa (85,000 Psi) dan *grouting* anti susut (SS Mortar Type 2) dengan kekuatan minimum sebesar 65.5 MPa (9,500 Psi), sesuai dengan ACI 318M-14 dan SNI 2847:2019.

Berdasarkan SNI 2847:2019, sambungan kolom harus memenuhi syarat berikut.

1. Syarat Sambungan Kolom 650 x 800

$$0.4 M_{prx} = 0.4 \times 3275 \\ = 1310 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nx} = 1506.07 \text{ kN} > 0.4 M_{pr} \text{ (OK)}$$

$$0.4 M_{pry} = 0.4 \times 2758.23 \\ = 1103.29 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{ny} = 1679.96 \text{ kN} > 0.4 M_{pr} \text{ (OK)}$$

2. Syarat Sambungan Kolom 700 x 900

$$0.4 M_{prx} = 0.4 \times 4134.36 \\ = 2433.61 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nx} = 2433.61 \text{ kN} > 0.4 M_{pr} \text{ (OK)}$$

$$0.4 M_{pry} = 0.4 \times 3305.88 \\ = 1322.35 \text{ kNm}$$

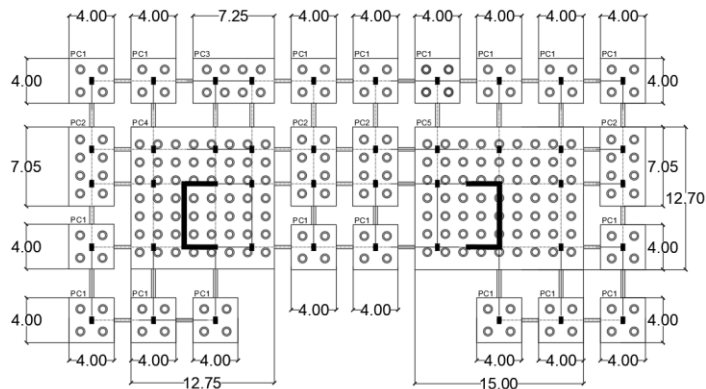
$$\phi M_{ny} = 1913.76 \text{ kN} > 0.4 M_{pr} \text{ (OK)}$$

## 4.7 Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah bangunan meliputi perencanaan pondasi dan perencanaan Basement.

### 4.7.1 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai elemen struktur yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan *prestressed spun pile* produk PT WIKA BETON. Pada subbab ini, pembahasan akan meliputi perencanaan jumlah pancang yang dibutuhkan dalam perencanaan pile cap. Pondasi akan direncanakan sesuai dengan denah pada Gambar 4.36 berikut.



Gambar 4.49 Denah Pondasi

#### 4.7.1.1 Pembebanan Pondasi Tiang Pancang

Beban yang bekerja pada pondasi dianalisa berdasarkan kombinasi tegangan izin SNI 1726:2019. Berikut merupakan kombinasi pembebanan untuk tiang pancang.

1. D
2. D + L
3. D + 0.75 L

4.  $D + 0.7 E_v + 0.7 E_h$
5.  $D + 0.75 L + 0.525 E_v + 0.525 E_h$
6.  $0.6 D + 0.7 E_v + 0.7 E_h$

Berdasarkan kombinasi di atas, didapatkan output menggunakan program bantu ETABS yaitu joint reactions paling maksimum yang menjadi penentu dalam perhitungan beban pada tiang pancang. Pada Tabel 4.45 sampai Tabel 4.49 berikut adalah hasil daripada kombinasi output joint reactions pada Pile Cap tipe 1 sampai 5.

Tabel 4.45 Pembebanan Pondasi Tipe 1

<b>Kombinasi</b>	<b>FX (kN)</b>	<b>FY (kN)</b>	<b>FZ (kN)</b>	<b>MX (kNm)</b>	<b>MY (kNm)</b>
Dead	2.73	-38.50	3954.11	15.41	0.75
D + L	4.22	-56.20	5748.58	23.65	1.24
0.6D + 0.7Ex	82.32	16.84	2842.52	91.48	196.18
0.6D + 0.7Ex	-79.04	-63.03	1902.42	-72.99	-195.27
0.6D + 0.7Ey	35.05	101.73	3581.13	267.66	77.28
0.6D + 0.7Ey	-31.77	-147.93	1163.80	-249.17	-76.38
D + 0.7Ex	83.41	1.44	4424.16	97.64	196.48
D + 0.7Ex	-77.95	-78.43	3484.06	-66.82	-194.97
D + 0.7Ey	36.14	86.33	5162.78	273.82	77.59
D + 0.7Ey	-30.68	-163.33	2745.45	-243.01	-76.08
D + 0.75L	3.87	-51.86	5510.30	21.90	1.13
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	64.38	-21.90	5862.84	83.57	147.93
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	-56.64	-81.81	5157.76	-39.77	-145.66
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	28.92	41.77	6416.80	215.71	58.76
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	-21.19	-145.48	4603.80	-171.91	-56.49

Tabel 4.46 Pembebanan Pondasi Tipe 2

<b>Kombinasi</b>	<b>FX (kN)</b>	<b>FY (kN)</b>	<b>FZ (kN)</b>	<b>MX (kNm)</b>	<b>MY (kNm)</b>
Dead	-10.91	25.90	8606.64	686.30	-4.79
D + L	-15.42	38.27	13178.92	1198.26	-6.74
0.6D + 0.7Ex	212.42	82.76	5974.26	835.50	402.06
0.6D + 0.7Ex	-225.51	-51.68	4353.71	-11.95	-407.81
0.6D + 0.7Ey	66.31	231.95	7459.66	1845.09	130.34
0.6D + 0.7Ey	-79.40	-200.87	2868.31	-1021.54	-136.09
D + 0.7Ex	208.06	93.12	9416.92	1110.02	400.14
D + 0.7Ex	-229.88	-41.32	7796.36	262.57	-409.73
D + 0.7Ey	61.95	242.31	10902.32	2119.61	128.42
D + 0.7Ey	-83.76	-190.51	6310.96	-747.02	-138.00
D + 0.75L	-14.34	35.20	12468.81	1102.45	-6.29
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	149.89	85.61	13076.51	1420.25	297.41
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	-178.57	-15.22	11861.10	784.66	-309.99
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	40.30	197.51	14190.56	2177.44	93.62
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	-68.98	-127.11	10747.05	27.47	-106.20

Tabel 4.47 Pembebanan Pondasi Tipe 3

<b>Kombinasi</b>	<b>FX (kN)</b>	<b>FY (kN)</b>	<b>FZ (kN)</b>	<b>MX (kNm)</b>	<b>MY (kNm)</b>
Dead	0.0555	-59.8395	7169.753	22.4533	-56.4296
D + L	0.0353	-86.871	10681.98	34.6823	-84.1222
0.6D + 0.7Ex	150.0385	26.5552	6094.892	140.421	346.9973
0.6D + 0.7Ex	-149.972	-98.3625	2508.812	-113.477	-414.713
0.6D + 0.7Ey	62.3715	157.4587	6358.413	406.8807	209.0327
0.6D + 0.7Ey	-62.3049	-229.266	2245.291	-379.937	-276.748
D + 0.7Ex	150.0606	2.6194	8962.793	149.4023	324.4254



D + 0.7Ex	-149.95	-122.298	5376.713	-104.496	-437.285
D + 0.7Ey	62.3936	133.5229	9226.314	415.862	186.4609
D + 0.7Ey	-62.2827	-253.202	5113.193	-370.956	-299.32
D + 0.75L	0.0309	-80.2164	10184.03	32.0158	-79.5947
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	112.5348	-33.3723	11528.81	127.2276	206.0468
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	-112.473	-127.061	8839.248	-63.1959	-365.236
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	46.7845	64.8053	11726.45	327.0724	102.5732
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	-46.7228	-225.238	8641.608	-263.041	-261.762

Tabel 4.48 Pembebanan Pondasi Tipe 4

<b>Kombinasi</b>	<b>FX (kN)</b>	<b>FY (kN)</b>	<b>FZ (kN)</b>	<b>MX (kNm)</b>	<b>MY (kNm)</b>
Dead	-3.1676	33.1707	49978.77	-5459.76	-22652.6
D + L	-4.6569	47.8935	72241.12	-795.018	-31883.9
0.6D + 0.7Ex	5020.67	1689.186	72358.33	-46955.3	-16818.7
0.6D + 0.7Ex	-5024.47	-1649.38	-12383.8	40403.58	-10364.4
0.6D + 0.7Ey	2612.094	4611.417	76456.4	-51055.8	-32049.8
0.6D + 0.7Ey	-2615.89	-4571.61	-16481.9	44504.08	4866.71
D + 0.7Ex	5019.402	1702.454	92349.84	-49139.2	-25879.8
D + 0.7Ex	-5025.74	-1636.11	7607.71	38219.68	-19425.4
D + 0.7Ey	2610.827	4624.685	96447.91	-53239.7	-41110.9
D + 0.7Ey	-2617.16	-4558.34	3509.636	42320.18	-4194.33
D + 0.75L	-4.6256	44.3264	68747.67	-1977.69	-30518.4
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	3762.302	1296.289	100526	-34737.3	-32938.8
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	-3771.55	-1207.64	36969.38	30781.89	-28098
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	1955.87	3487.962	103599.5	-37812.6	-44362.1
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	-1965.12	-3399.31	33895.82	33857.27	-16674.7

Tabel 4.49 Pembebanan Pondasi Tipe 5

Kombinasi	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)
Dead	25.3252	61.8174	52481.23	-3078.14	-812.054
D + L	36.5922	91.2765	76405.91	2693.283	2664.585
0.6D + 0.7Ex	5028.953	1949.957	72704.8	-48911.1	-60845.9
0.6D + 0.7Ex	-4998.56	-1875.78	-9727.33	45217.3	59871.45
0.6D + 0.7Ey	3063.201	5549.06	86857.92	-58625.9	-60706.1
0.6D + 0.7Ey	-3032.81	-5474.88	-23880.4	54932.17	59731.64
D + 0.7Ex	5039.083	1974.684	93697.29	-50142.3	-61170.7
D + 0.7Ex	-4988.43	-1851.05	11265.16	43986.05	59546.63
D + 0.7Ey	3073.331	5573.787	107850.4	-59857.2	-61030.9
D + 0.7Ey	-3022.68	-5450.15	-2887.95	53700.91	59406.81
D + 0.75L	34.1917	84.3192	72640.38	1566.2	2314.561
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	3794.51	1518.969	103552.4	-33731.9	-42954.4
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	-3726.13	-1350.33	41728.34	36864.34	47583.57
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	2320.196	4218.296	114167.3	-41018.1	-42849.6
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	-2251.81	-4049.66	31113.5	44150.49	47478.71

#### 4.7.1.2 Data Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Perencanaan pondasi direncanakan sesuai dengan data perencanaan tiang pancang berikut:

Diameter	= 800 mm
Tebal	= 120 mm
Klasifikasi	= A1
Luas Penampang	= 2563.54 cm <sup>2</sup>
Berat	= 641 kg/m
Momen Retak	= 40 ton.m
Momen Ultimit	= 60 ton.m
<i>Allowable Axial Load</i>	= 415 ton

$$f'c = 52 \text{ MPa}$$

#### 4.7.1.3 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Dalam perencanaan ini, data tanah yang digunakan adalah data tanah pengganti yang berasal pada proyek pembangunan Apartemen Grand Kamala Lagoon Bekasi. Data tanah ini dipilih karena proyek tersebut masih berada pada kota yang sama dengan Apartemen Tamansari Iswara Bekasi.

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ).

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Selain peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari Terzaghi Bazaraa 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir belempong, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ .

$$N_1 = 15 + 0.5 (N-15)$$

$$N_1 = 0.6N$$

Pilih harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua rumus diatas

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah  
 Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan dimana harga  $N$  tersebut didapatkan, dengan rumus sebagai berikut:

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4P_o} \quad \text{apabila } P_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1P_o} \quad \text{apabila } P_o > 7.5 \text{ ton/m}^2$$

Harga  $N_2$  yang telah dihitung harus lebih kecil dari  $2N_1$ , apabila  $N_2 > 2N_1$ , maka nilai  $N_2$  dibuat menjadi  $2N_1$ .

3. Menghitung daya dukung *ultimate* tiang

$$P_{ult} = C_n A_{ujung} + \sum C_{li} A_{si}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C_{li} &= \text{Hambatan geser selimut tiang} \\ &= \frac{N_i}{2} \text{ untuk tanah lempung / lanau} \\ &= \frac{N_i}{5} \text{ untuk tanah pasir} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{si} &= \text{Luas selimut tiang} \\ &= O_i \times h_i \end{aligned}$$

$$O_i = \text{Keliling tiang}$$

$$C_n = 40 \bar{N}$$

$\bar{N}$  = Harga rata-rata  $N_2$  4D dibawah ujung hingga 8D diatas

Maka:

$$P_{ult} = 40 \bar{N} A_{ujung} + \sum \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} A_{si}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{SF}$$

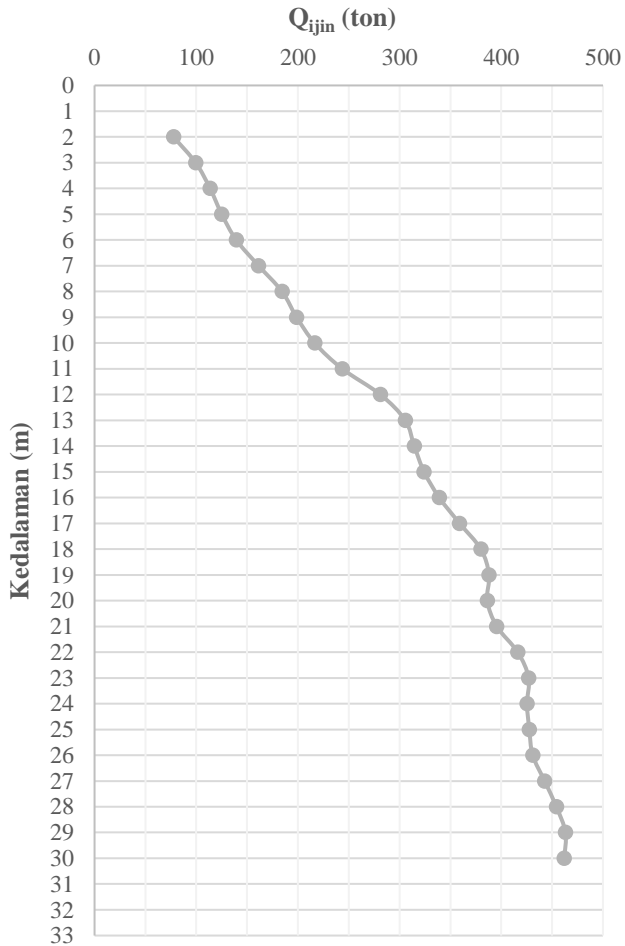
Pada tugas akhir ini, digunakan nilai angka keamanan sebesar 3 ( $SF = 3$ ).

Hasil perhitungan daya dukung tanah seperti dengan prosedur perhitungan di atas adalah seperti pada Tabel 4.50 dan Gambar 4.37 berikut.

Tabel 4.50 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah 30 meter

Depth (m)	N	Cn ujung = 40N	(ton)	Pult (ton)	Pijin (t)
2	2.00	458.71	2.51	233.08	77.69
3	1.50	580.12	6.91	298.51	99.50
4	1.00	658.10	10.05	340.85	113.62
5	8.50	702.90	21.99	375.31	125.10
6	16.00	727.73	52.36	418.16	139.39
7	17.00	782.71	90.70	484.14	161.38
8	18.00	847.81	127.04	553.19	184.40
9	18.00	866.80	160.69	596.39	198.80
10	18.00	911.79	191.21	649.53	216.51
11	28.00	1004.81	225.83	730.90	243.63
12	38.00	1141.98	269.44	843.46	281.15
13	28.50	1207.41	309.88	916.79	305.60
14	19.00	1204.79	337.77	943.36	314.45
15	34.50	1201.74	368.18	972.25	324.08
16	50.00	1198.22	414.71	1017.01	339.00
17	44.00	1218.04	464.84	1077.10	359.03
18	38.00	1258.74	507.05	1139.76	379.92
19	37.00	1232.39	544.32	1163.79	387.93
20	36.00	1152.32	579.42	1158.64	386.21

21	43.00	1135.13	616.15	1186.73	395.58
22	50.00	1175.05	658.07	1248.72	416.24
23	35.00	1164.55	695.39	1280.76	426.92
24	20.00	1107.81	718.94	1275.79	425.26
25	33.00	1077.51	741.05	1282.68	427.56
26	46.00	1033.41	773.23	1292.71	430.90
27	44.50	1031.58	809.19	1327.71	442.57
28	43.00	1033.64	843.05	1362.61	454.20
29	46.50	1019.94	876.77	1389.44	463.15
30	50.00	990.81	888.05	1386.08	462.03



Gambar 4.50 Daya Dukung Tiang Pancang

Pada perencanaan ini digunakan kedalaman 20 m dengan daya dukung tanah izin sebesar 386.21 ton.

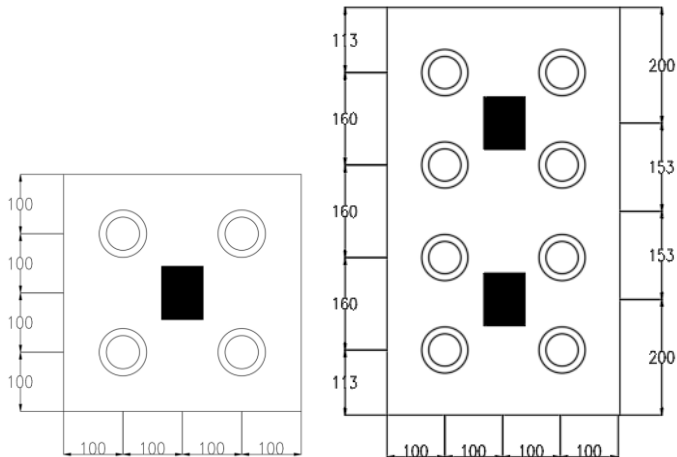
#### 4.7.1.4 Konfigurasi Tiang Pancang

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jaraknya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang grup sebesar 1.5 meter. Penjarakan daripada konfigurasi tiang pancang dibatasi sesuai perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}\text{Jarak tiang} &= 2D_{\text{Tiang}} \\ &= 160 \text{ cm}\end{aligned}$$

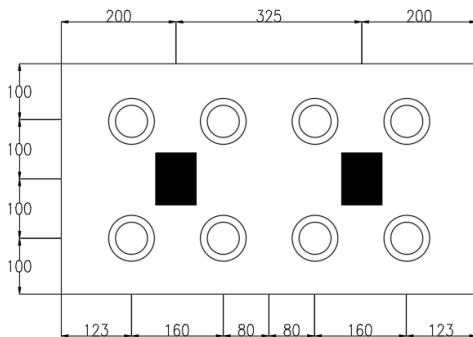
$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi tiang} &= D_{\text{Tiang}} \\ &= 80 \text{ cm}\end{aligned}$$

Konfigurasi tiang pancang dan dimensi dari poer ditunjukkan pada Gambar 4.38 sampai dengan Gambar 4.41.

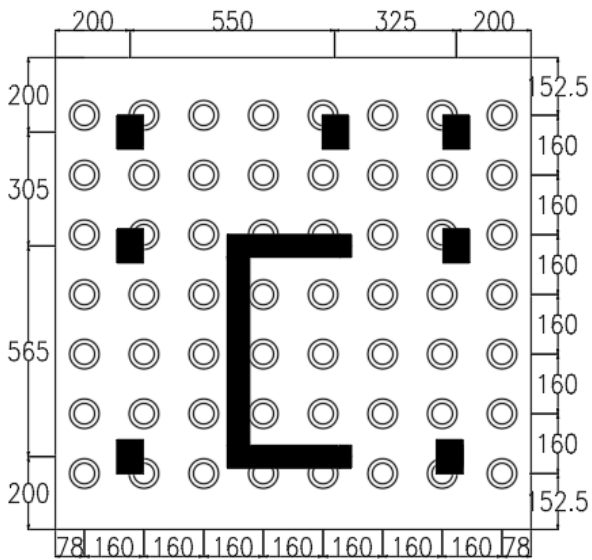


Gambar 4.51 Konfigurasi Poer Tipe 1 dan Tipe 2

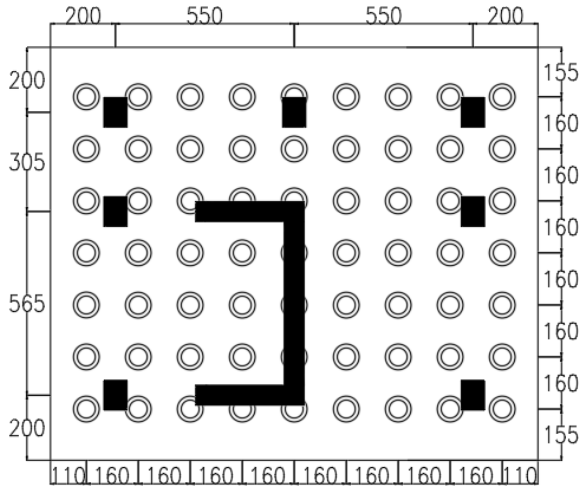




Gambar 4.52 Konfigurasi Poer Tipe 3



Gambar 4.53 Konfigurasi Poer Tipe 4



Gambar 4.54 Konfigurasi Poer Tipe 5

#### 4.7.1.5 Kontrol Kekuatan Satu Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang grup dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik diasumsikan lebih kecil dari beban gravitasi. Pada perencanaan ini, dicontohkan kombinasi poer tipe 1 dengan kombinasi beban D + L.

$$P_{ijin} = 386.21 \text{ ton}$$

$$P = 574.86 \text{ ton}$$

$$n = 4 \text{ tiang}$$

$$\begin{aligned} M_x &= M_x + (H_y \times t_{poer}) \\ &= 2.365 + (5.62 \times 1.5) \\ &= 10.79 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$M_y = M_y + (H_x \times t_{poer})$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.12 + (0.42 \times 1) \\
 &= 0.75 \text{ ton m} \\
 X_{\max} &= 1 \text{ m} \\
 Y_{\max} &= 1 \text{ m} \\
 P &= \frac{P}{n} \pm \frac{M_y X_{\max}}{\sum X^2} \pm \frac{M_x Y_{\max}}{\sum Y^2} \\
 P_{(++)} &= \frac{574.86}{4} + \frac{0.75(1)}{2} + \frac{10.79(1)}{2} \\
 &= 149.49 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} \text{ (OK)} \\
 P_{(+)} &= \frac{574.86}{4} + \frac{0.75(1)}{2} - \frac{10.79(1)}{2} \\
 &= 95.43 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} \text{ (OK)} \\
 P_{(-)} &= \frac{574.86}{4} - \frac{0.75(1)}{2} + \frac{10.79(1)}{2} \\
 &= 148.73 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} \text{ (OK)} \\
 P_{(--)} &= \frac{574.86}{4} - \frac{0.75(1)}{2} - \frac{10.79(1)}{2} \\
 &= 94.95 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan rekapitulasi kekuatan 1 tiang pancang seperti pada Tabel 4.51 sampai dengan 4.55 berikut.

Tabel 4.51 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 1

Kombinasi	P max	P max	P max	P max	P <sub>ijin</sub>	Kontrol
	++	+-	-+	--		
	ton	ton	ton	ton	ton	
Dead	102.8	177.5	186.5	185.5	386.2	OK
D + L	149.5	164.6	171.1	170.4	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	92.9	168.1	200.8	154.7	386.2	OK
0.6D + 0.7Ey	71.6	159.5	142.3	186.7	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	117.0	168.1	200.8	154.7	386.2	OK
0.6D + 0.7Ey	58.8	159.5	142.3	186.7	386.2	OK
D + 0.7Ex	131.7	229.7	192.0	173.0	386.2	OK

D + 0.7Ex	111.9	97.9	151.2	168.4	386.2	OK
D + 0.7Ey	155.8	229.7	192.0	173.0	386.2	OK
D + 0.7Ey	99.1	97.9	151.2	168.4	386.2	OK
D + 0.75L	143.1	110.1	139.3	93.6	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	164.6	101.5	80.7	125.5	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	148.6	110.1	139.3	93.6	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	179.4	101.5	80.7	125.5	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	139.0	171.7	130.4	111.8	386.2	OK

Tabel 4.52 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 2

Kombinasi	P max	P max	P max	P max	P ijin	Kontrol
	++	+-	-+	--		
	ton	ton	ton	ton	ton	
Dead	115.5	113.4	101.8	99.7	386.2	OK
D + L	178.1	175.1	154.4	151.4	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	119.8	47.7	101.7	29.6	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	92.6	18.0	90.9	16.3	386.2	OK
0.6D + 0.7Ey	125.4	102.4	84.0	61.1	386.2	OK
0.6D + 0.7Ey	61.1	35.6	36.1	10.6	386.2	OK
D + 0.7Ex	165.1	93.9	141.5	70.3	386.2	OK
D + 0.7Ex	138.2	62.8	132.1	56.7	386.2	OK
D + 0.7Ey	170.8	148.6	123.9	101.8	386.2	OK
D + 0.7Ey	101.8	75.4	82.3	56.0	386.2	OK
D + 0.75L	168.1	165.4	146.4	143.6	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	204.2	152.0	175.0	122.7	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	184.8	127.0	169.5	111.8	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	208.4	193.0	161.8	146.3	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	146.9	125.9	142.8	121.8	386.2	OK

Tabel 4.53 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 3

Kombinasi	P max	P max	P max	P max	P ijin	Kontrol
	++	+-	-+	--		
	ton	ton	ton	ton	ton	
Dead	95.8	94.7	84.5	83.5	386.2	OK
D + L	142.6	141.0	126.1	124.5	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	90.6	79.8	72.5	61.8	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	50.4	38.4	24.3	12.3	386.2	OK
0.6D + 0.7Ey	114.5	108.8	50.2	44.5	386.2	OK
0.6D + 0.7Ey	67.7	60.8	-4.7	-11.6	386.2	OK
D + 0.7Ex	124.9	114.5	109.5	99.2	386.2	OK
D + 0.7Ex	87.8	75.4	59.0	46.6	386.2	OK
D + 0.7Ey	148.8	143.5	87.1	81.9	386.2	OK
D + 0.7Ey	105.1	97.8	30.1	22.7	386.2	OK
D + 0.75L	135.7	134.2	120.4	118.9	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	156.5	149.5	138.8	131.7	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	128.2	118.2	102.8	92.8	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	169.4	166.2	127.0	123.7	386.2	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	141.2	135.0	81.1	74.9	386.2	OK

Tabel 4.54 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 4

Kombinasi	P max	P max	P max	P max	P ijin	Kontrol
	++	+-	-+	--		
	ton	ton	ton	ton	ton	
Dead	132.2	64.8	113.7	46.3	386.2	OK
D + L	177.9	83.0	175.0	80.1	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	248.3	175.8	82.6	10.1	386.2	OK
0.6D + 0.7Ex	120.5	67.3	-23.0	-76.3	386.2	OK
0.6D + 0.7Ey	287.1	180.1	93.0	-14.0	386.2	OK

$0.6D + 0.7E_y$	128.5	102.3	-43.5	-69.6	386.2	OK
$D + 0.7E_x$	301.2	201.7	128.1	28.7	386.2	OK
$D + 0.7E_x$	121.8	41.6	-14.4	-94.6	386.2	OK
$D + 0.7E_y$	340.0	206.0	138.5	4.5	386.2	OK
$D + 0.7E_y$	100.6	76.5	-63.9	-88.1	386.2	OK
$D + 0.75L$	171.6	80.8	164.8	73.9	386.2	OK
$D + 0.75L + 0.75(0.7E_x)$	298.3	183.5	175.5	60.7	386.2	OK
$D + 0.75L + 0.75(0.7E_x)$	170.8	70.4	61.7	-38.8	386.2	OK
$D + 0.75L + 0.75(0.7E_y)$	327.4	186.7	183.3	42.6	386.2	OK
$D + 0.75L + 0.75(0.7E_y)$	154.9	96.5	24.5	-33.9	386.2	OK

Tabel 4.55 Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe 5

Kombinasi	P max ++	P max +-	P max -+	P max --	P <sub>ijin</sub> ton	Kontrol
	ton	ton	ton	ton		
Dead	88.9	87.1	79.5	77.7	386.2	OK
D + L	128.4	122.6	120.0	114.2	386.2	OK
$0.6D + 0.7E_x$	265.8	119.3	111.5	-35.0	386.2	OK
$0.6D + 0.7E_x$	159.1	14.7	16.1	-128.2	386.2	OK
$0.6D + 0.7E_y$	307.5	167.5	108.2	-31.7	386.2	OK
$0.6D + 0.7E_y$	200.7	63.0	12.8	-124.9	386.2	OK
$D + 0.7E_x$	301.4	154.1	143.3	-3.9	386.2	OK
$D + 0.7E_x$	159.3	15.7	20.1	-123.5	386.2	OK
$D + 0.7E_y$	343.0	202.4	140.0	-0.7	386.2	OK
$D + 0.7E_y$	165.2	28.2	-19.0	-156.0	386.2	OK
$D + 0.75L$	120.4	115.3	115.3	110.2	386.2	OK
$D + 0.75L + 0.75(0.7E_x)$	270.1	165.8	162.9	58.7	386.2	OK
$D + 0.75L + 0.75(0.7E_x)$	181.1	67.1	65.3	-48.6	386.2	OK
$D + 0.75L + 0.75(0.7E_y)$	301.3	202.0	160.4	61.1	386.2	OK

D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	178.6	69.6	29.1	-79.8	386.2	OK
-------------------------	-------	------	------	-------	-------	----

#### 4.7.1.6 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Dalam Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi. Pada perencanaan ini, dicontohkan kombinasi poer tipe 1 dengan kombinasi beban D + L.

$$P = 574.86$$

$$P_{ijin} = 386.21 \text{ ton}$$

$$\eta = \left(1 - \frac{36S(m+1-2)}{(75S^2-7)(m+n-1)}\right) + \frac{0.3}{(m+n)}$$

$$= 0.86$$

$$Q = m \times n \times DDT \times \eta$$

$$= 2 \times 2 \times 386.21 \times 0.86$$

$$= 1340.05 > P \text{ (OK)}$$

Sehingga dapat disimpulkan rekapitulasi kekuatan tiang pancang dalam kelompok seperti pada Tabel 4.56 sampai dengan 4.60 berikut.

Tabel 4.56 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 1

Kombinasi	P (ton)	$\eta$	n	$P_{ijin}$ (ton)	QI (ton)	Kontrol
Dead	395.41	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + L	574.86	0.87	4	386.21	1340.05	OK
0.6D + 0.7Ex	284.25	0.87	4	386.21	1340.05	OK
0.6D + 0.7Ex	190.24	0.87	4	386.21	1340.05	OK
0.6D + 0.7Ey	358.11	0.87	4	386.21	1340.05	OK

0.6D + 0.7Ey	116.38	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.7Ex	442.42	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.7Ex	348.41	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.7Ey	516.28	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.7Ey	274.55	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.75L	551.03	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	586.28	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	515.78	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	641.68	0.87	4	386.21	1340.05	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	460.38	0.87	4	386.21	1340.05	OK

Tabel 4.57 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 2

Kombinasi	P (ton)	$\eta$	n	$P_{ijin}$ (ton)	QI (ton)	Kontrol
Dead	860.66	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + L	1317.89	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ex	597.43	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ex	435.37	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ey	745.97	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ey	286.83	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ex	941.69	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ex	779.64	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ey	1090.23	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ey	631.10	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L	1246.88	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	1307.65	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	1186.11	0.80	8	386.21	2474.60	OK



D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	1419.06	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	1074.70	0.80	8	386.21	2474.60	OK

Tabel 4.58 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 3

Kombinasi	P (ton)	$\eta$	n	P <sub>ijin</sub> (ton)	QI (ton)	Kontrol
Dead	716.98	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + L	1068.20	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ex	609.49	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ex	250.88	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ey	635.84	0.80	8	386.21	2474.60	OK
0.6D + 0.7Ey	224.53	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ex	896.28	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ex	537.67	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ey	922.63	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.7Ey	511.32	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L	1018.40	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	1152.88	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	883.92	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	1172.64	0.80	8	386.21	2474.60	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	864.16	0.80	8	386.21	2474.60	OK

Tabel 4.59 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 4

<b>Kombinasi</b>	<b>P (ton)</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>n</b>	<b><math>P_{ijin}</math> (ton)</b>	<b>QI (ton)</b>	<b>Kontrol</b>
Dead	4997.88	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + L	7224.11	0.73	56	386.21	15807.57	OK
0.6D + 0.7Ex	7235.83	0.73	56	386.21	15807.57	OK
0.6D + 0.7Ex	1238.38	0.73	56	386.21	15807.57	OK
0.6D + 0.7Ey	7645.64	0.73	56	386.21	15807.57	OK
0.6D + 0.7Ey	1648.19	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.7Ex	9234.98	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.7Ex	760.77	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.7Ey	9644.79	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.7Ey	350.96	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.75L	6874.77	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	10052.60	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	3696.94	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	10359.95	0.73	56	386.21	15807.57	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	3389.58	0.73	56	386.21	15807.57	OK

Tabel 4.60 Daya Dukung Tiang Pancang Grup Tipe 5

<b>Kombinasi</b>	<b>P (ton)</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>n</b>	<b><math>P_{ijin}</math> (ton)</b>	<b>QI (ton)</b>	<b>Kontrol</b>
Dead	5248.12	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + L	7640.59	0.73	63	386.21	17717.03	OK
0.6D + 0.7Ex	7270.48	0.73	63	386.21	17717.03	OK

0.6D + 0.7Ex	972.73	0.73	63	386.21	17717.03	OK
0.6D + 0.7Ey	8685.79	0.73	63	386.21	17717.03	OK
0.6D + 0.7Ey	2388.04	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.7Ex	9369.73	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.7Ex	1126.52	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.7Ey	10785.04	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.7Ey	288.80	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.75L	7264.04	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	10355.24	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	4172.83	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	11416.73	0.73	63	386.21	17717.03	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	3111.35	0.73	63	386.21	17717.03	OK

#### 4.7.1.7 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi tiang. Pada perencanaan ini, dicontohkan kombinasi poer tipe 1 dengan kombinasi beban D + L.

$$N = 4 \text{ tiang}$$

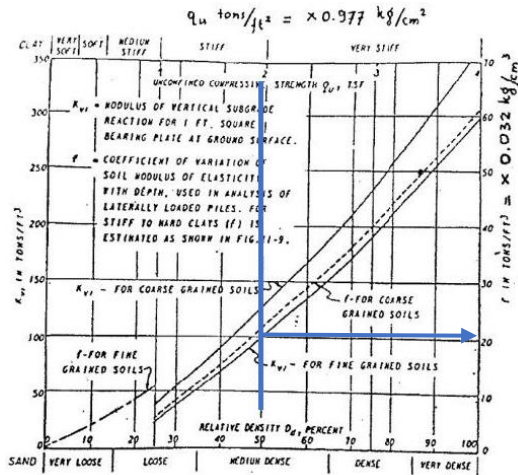
$$H_{\max} = 38.49 \text{ kN}$$

$$C_u = 0.95 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_u = 2 \times C_u$$

$$= 1.9 \text{ Kg/cm}^2$$

Dari grafik *immediate settlement of isolate footing* pada Gambar 4.42 berikut dapat didapatkan nilai  $f$ .



Gambar 4.55 Grafik Immediate Settlement of Isolate Footing

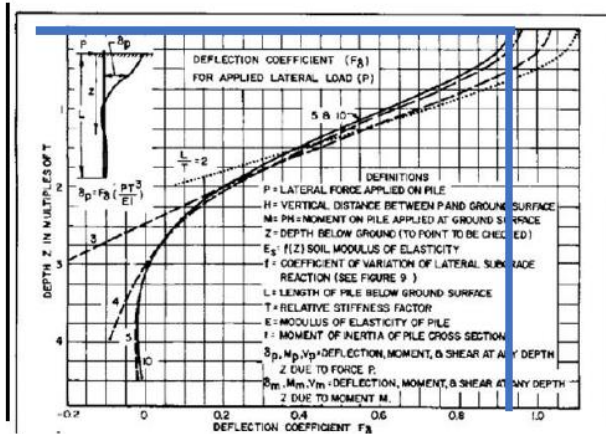
Dari grafik di atas, didapatkan nilai  $f$  sebesar 22 ton/ft<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned}
 f &= 22 \text{ ton/ft}^3 \\
 &= 0.706 \text{ kg/cm}^3 \\
 E &= 4700 \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \sqrt{52} \\
 &= 338,921.82 \text{ kg/cm}^2 \\
 I &= 1,527,869.6 \text{ cm}^4 \\
 T &= \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \\
 &= \left( \frac{338,921.82 \times 1527869.6}{0.706} \right)^{\frac{1}{5}} \\
 &= 236,223 \text{ cm} \\
 L &= 20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 2000 \text{ cm}$$

$$L/T = 8.46$$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* pada Gambar 4.43 berikut dapat didapatkan nilai koefisien defleksi.



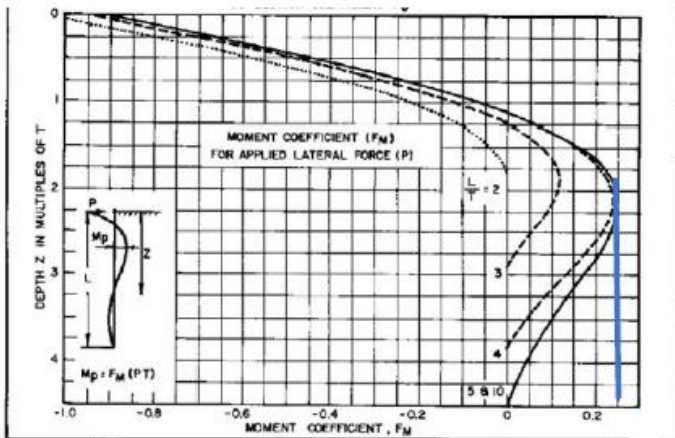
Gambar 4.56 Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile

Dari grafik di atas, didapatkan nilai koefisien defleksi sebesar 0.93.

$$F\delta = 0.93$$

$$\begin{aligned} \delta &= F\delta \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \\ &= 0.93 \left( \frac{3849 \times 236,223^3}{338,921.82 \times 1,527,869.6} \right) \\ &= 0.023 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

Selanjutnya perlu pula dikontrol pula momen yang terjadi pada tiang pancang. Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* pada Gambar 4.44 berikut dapat didapatkan nilai  $f_m$ .



Gambar 4.57 Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile

Dari grafik di atas, didapatkan nilai F<sub>m</sub> sebesar 0.25.

$$F_m = 0.25$$

$$M_{Crack} = 40 \text{ Ton m}$$

$$M = F_m (PT)$$

$$= 0.9 (38.49 \times 236,223)$$

$$= 2.98 \text{ Ton m} < M_{Crack} \text{ (OK)}$$

Maka berdasarkan contoh perhitungan di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi kontrol gaya lateral seperti pada Tabel 4.61 sampai dengan Tabel 4.65.

Tabel 4.61 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 1

Kombinasi	H <sub>Max</sub>	H <sub>Max</sub>	δ	Kontrol	M <sub>Max</sub>	M <sub>Crack</sub>
	kN	1 tiang			Ton m	Ton m
Dead	74.38	37.19	0.63	OK	2.046	OK

D + L	54.37	27.19	0.46	OK	2.987	OK
0.6D + 0.7Ex	120.04	60.02	1.02	OK	4.375	OK
0.6D + 0.7Ex	121.02	60.51	1.03	OK	4.201	OK
0.6D + 0.7Ey	120.04	60.02	1.02	OK	5.407	OK
0.6D + 0.7Ey	121.02	60.51	1.03	OK	7.862	OK
D + 0.7Ex	114.36	57.18	0.98	OK	4.433	OK
D + 0.7Ex	242.29	121.15	2.07	OK	4.169	OK
D + 0.7Ey	114.36	57.18	0.98	OK	4.589	OK
D + 0.7Ey	242.29	121.15	2.07	OK	8.681	OK
D + 0.75L	117.79	58.89	1.00	OK	2.756	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	112.72	56.36	0.96	OK	3.422	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	117.79	58.89	1.00	OK	4.348	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	112.72	56.36	0.96	OK	2.220	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	143.37	71.69	1.22	OK	7.732	OK

Tabel 4.62 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 2

Kombinasi	H <sub>Max</sub>	H <sub>Max</sub> 1 tiang	$\delta$	Kontrol	M <sub>Max</sub>	M <sub>Crack</sub>
	kN	Ton m			Ton m	
Dead	25.899	3.237	0.008	OK	0.688	OK
D + L	38.266	4.783	0.011	OK	1.017	OK
0.6D + 0.7Ex	212.424	26.553	0.063	OK	5.645	OK
0.6D + 0.7Ex	225.513	28.189	0.067	OK	5.993	OK
0.6D + 0.7Ey	231.951	28.994	0.069	OK	6.164	OK
0.6D + 0.7Ey	200.873	25.109	0.059	OK	5.338	OK
D + 0.7Ex	208.061	26.008	0.062	OK	5.529	OK
D + 0.7Ex	229.876	28.734	0.068	OK	6.109	OK
D + 0.7Ey	242.311	30.289	0.072	OK	6.439	OK
D + 0.7Ey	190.513	23.814	0.056	OK	5.063	OK
D + 0.75L	35.199	4.400	0.010	OK	0.935	OK

D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	149.886	18.736	0.044	OK	3.983	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	178.566	22.321	0.053	OK	4.745	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	197.508	24.689	0.058	OK	5.249	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	127.110	15.889	0.038	OK	3.378	OK

Tabel 4.63 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 3

Kombinasi	H <sub>Max</sub>	H <sub>Max</sub> 1 tiang	$\delta$	Kontrol	M <sub>Max</sub>	M <sub>Crack</sub>
	kN	Ton m			Ton m	
Dead	59.840	7.480	0.018	OK	1.590	OK
D + L	86.871	10.859	0.026	OK	2.309	OK
0.6D + 0.7Ex	150.039	18.755	0.044	OK	3.987	OK
0.6D + 0.7Ex	149.972	18.746	0.044	OK	3.986	OK
0.6D + 0.7Ey	157.459	19.682	0.047	OK	4.184	OK
0.6D + 0.7Ey	229.266	28.658	0.068	OK	6.093	OK
D + 0.7Ex	150.061	18.758	0.044	OK	3.988	OK
D + 0.7Ex	149.950	18.744	0.044	OK	3.985	OK
D + 0.7Ey	133.523	16.690	0.040	OK	3.548	OK
D + 0.7Ey	253.202	31.650	0.075	OK	6.729	OK
D + 0.75L	80.216	10.027	0.024	OK	2.132	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	112.535	14.067	0.033	OK	2.991	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	127.061	15.883	0.038	OK	3.377	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	64.805	8.101	0.019	OK	1.722	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	225.238	28.155	0.067	OK	5.986	OK



Tabel 4.64 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 4

Kombinasi	H <sub>Max</sub>	H <sub>Max</sub> 1 tiang	$\delta$	Kontrol	M <sub>Max</sub>	M <sub>Crack</sub>
	kN				Ton m	Ton m
Dead	33.171	0.592	0.001	OK	0.126	OK
D + L	47.894	0.855	0.002	OK	0.182	OK
0.6D + 0.7Ex	5020.670	89.655	0.212	OK	19.061	OK
0.6D + 0.7Ex	5024.471	89.723	0.212	OK	19.075	OK
0.6D + 0.7Ey	4611.417	82.347	0.195	OK	17.507	OK
0.6D + 0.7Ey	4571.612	81.636	0.193	OK	17.356	OK
D + 0.7Ex	5019.402	89.632	0.212	OK	19.056	OK
D + 0.7Ex	5025.738	89.745	0.212	OK	19.080	OK
D + 0.7Ey	4624.685	82.584	0.196	OK	17.557	OK
D + 0.7Ey	4558.344	81.399	0.193	OK	17.306	OK
D + 0.75L	44.326	0.792	0.002	OK	0.168	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	3762.302	67.184	0.159	OK	14.283	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	3771.554	67.349	0.159	OK	14.318	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	3487.962	62.285	0.147	OK	13.242	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	3399.310	60.702	0.144	OK	12.905	OK

Tabel 4.65 Kontrol Gaya Lateral Pondasi Tipe 5

Kombinasi	H <sub>Max</sub>	H <sub>Max</sub> 1 tiang	$\delta$	Kontrol	M <sub>Max</sub>	M <sub>Crack</sub>
	kN				Ton m	Ton m
Dead	61.817	0.981	0.002	OK	0.209	OK
D + L	91.276	1.449	0.003	OK	0.308	OK
0.6D + 0.7Ex	5028.953	79.825	0.189	OK	16.971	OK
0.6D + 0.7Ex	4998.563	79.342	0.188	OK	16.868	OK
0.6D + 0.7Ey	5549.060	88.080	0.209	OK	18.726	OK
0.6D + 0.7Ey	5474.879	86.903	0.206	OK	18.476	OK

D + 0.7Ex	5039.083	79.985	0.189	OK	17.005	OK
D + 0.7Ex	4988.433	79.181	0.187	OK	16.834	OK
D + 0.7Ey	5573.787	88.473	0.209	OK	18.809	OK
D + 0.7Ey	5450.152	86.510	0.205	OK	18.392	OK
D + 0.75L	84.319	1.338	0.003	OK	0.285	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	3794.510	60.230	0.143	OK	12.805	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ex)	3726.127	59.145	0.140	OK	12.574	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	4218.296	66.957	0.159	OK	14.235	OK
D + 0.75L + 0.75(0.7Ey)	4049.658	64.280	0.152	OK	13.666	OK

Sehingga berdasarkan seluruh perhitungan di atas, dapat disimpulkan dimensi dan konfigurasi tiang pancang tipe 1, tipe 2, tipe 3, tipe 4, dan tipe 5 dapat digunakan, yaitu pada kedalaman 20 meter dengan panjang tiang pancang 11 meter.

#### 4.7.2 Perencanaan Poer

Poer akan direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan lateral akibat momen lentur. Pada perencanaan ini akan dicontohkan perencanaan poer dari Poer Tipe 1. Poer akan direncanakan sesuai dengan data-data berikut.

$$\begin{aligned}
 B_{\text{Kolom}} &= 700 \text{ mm} \\
 H_{\text{Kolom}} &= 900 \text{ mm} \\
 P_u &= 785.83 \text{ Ton} \\
 D &= 800 \text{ mm} \\
 P_{\text{Max}} &= 248.73 \text{ Ton} \\
 n &= 4 \\
 B_{\text{Pouer}} &= 4000 \text{ mm} \\
 L_{\text{Pouer}} &= 4000 \text{ mm} \\
 T_{\text{Pouer}} &= 1500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

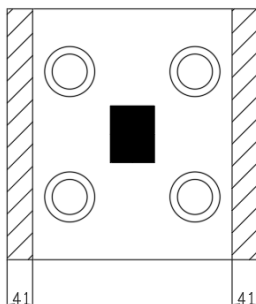
$$\begin{aligned}
 f'_c &= 45 \text{ MPa} \\
 f_y &= 420 \text{ MPa} \\
 D_{\text{Tulangan}} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{Cover} &= 70 \text{ mm} \\
 \lambda &= 1 \text{ (Beton Normal)} \\
 \alpha_s &= 40 \text{ (Kolom Tengah)} \\
 dx &= 1500 - 70 - 0.5(25) \\
 &= 1417 \text{ mm} \\
 dy &= 1500 - 70 - 1.5(25) \\
 &= 1392.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.2.1 Kontrol Geser Poer

Dalam perencanaan ini, poer akan ditinjau kekuatannya terhadap 3 jenis geser, yaitu geser satu arah, geser pons dua arah akibat kolom, dan geser pons dua arah akibat tiang pancang.

##### 1. Geser Satu Arah

Geser satu arah direncanakan pada bidang kritisnya yaitu pada jarak  $d$  atau 1417.5 mm dari muka kolom. Bidang geser satu arah diberikan sesuai dengan Gambar 4.45 berikut.

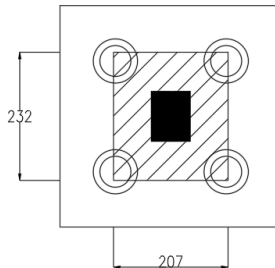


Gambar 4.58 Area Kritis Geser Satu Arah Pondasi Tipe 1

$$\begin{aligned}
 V_u &= 2.4 \times 1.5 \times 2.7 \times 0.41 \\
 &= 5.904 \text{ Ton} \\
 \phi V_c &= 0.75 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= 0.75 \sqrt{45} \times 4 \times 1.417 \\
 &= 2852.66 \text{ Ton} > V_u \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

## 2. Geser Pons Dua Arah Akibat Kolom

Geser pons dua arah akibat kolom direncanakan pada bidang kritisnya, yaitu pada jarak  $d/2$  atau 708.75 mm dari muka kolom. Bidang geser satu arah diberikan sesuai dengan Gambar 4.46 berikut.



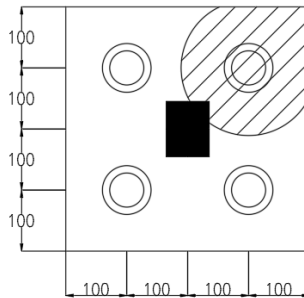
Gambar 4.59 Area Kritis Geser Pons Dua Arah akibat Kolom Pondasi Tipe 1

$$\begin{aligned}
 b_o &= 8770 \text{ mm} \\
 a_1 &= 2317.5 \text{ mm} \\
 b_1 &= 2067.5 \text{ mm} \\
 P_u &= 785.83 \text{ Ton} \\
 W_u &= 2.4 \times 4 \times 4 \times 1.5 \\
 &= 57.6 \text{ Ton} \\
 P_{u\text{Punch}} &= 811.71 \text{ Ton} \\
 \tau_u &= \frac{P_u}{U \times d}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{811.71 \times 10000}{8770 \times 1417.5} \\
&= 0.65 \text{ MPa} \\
V_{c1} &= 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
&= 0.17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \sqrt{45} \times 8770 \times 1417.5 \\
&= 4253.04 \text{ Ton} \\
V_{c2} &= 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
&= 0.083 \left(\frac{40 \times 1417.5}{8770} + 2\right) 1 \sqrt{45} \times 8770 \times 1417.5 \\
&= 4740.55 \text{ Ton} \\
V_{c3} &= 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
&= 0.33 \times 1 \sqrt{45} \times 8770 \times 1417.5 \\
&= 2776.98 \text{ Ton} \\
V_{c \text{ Pakai}} &= 2776.98 \text{ Ton} \\
\phi V_c &= 2082.74 \text{ Ton} > P_u \text{ Punch (OK)} \\
\tau_c &= 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \\
&= 2.23 \text{ MPa} > \tau_u \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

### 3. Geser Pons Dua Arah Akibat Pancang

Geser pons dua arah akibat pancang direncanakan pada bidang kritisnya, yaitu pada jarak  $d/2$  atau 708.75 mm dari muka pancang. Bidang geser satu arah diberikan sesuai dengan Gambar 4.47 berikut.



Gambar 4.60 Area Kritis Geser Pons Dua Arah akibat Pancang Pondasi Tipe 1

$$b_o = 7190 \text{ mm}$$

$$P_{\text{Max}} = 248.74 \text{ Ton}$$

$$P_u = 248.74 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \tau_u &= \frac{P_u}{U \times d} \\ &= \frac{248.74 \times 10000}{4739 \times 1417.5} \\ &= 0.37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0.17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \sqrt{45} \times 7190 \times 1417.5 \\ &= 20,510.6 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0.083 \left(\frac{40 \times 1417.5}{8770} + 2\right) 1 \sqrt{45} \times 7190 \times 1417.5 \\ &= 5,609.89 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0.33 \times 1 \sqrt{45} \times 7190 \times 1417.5 \\ &= 2,276.68 \text{ Ton} \end{aligned}$$

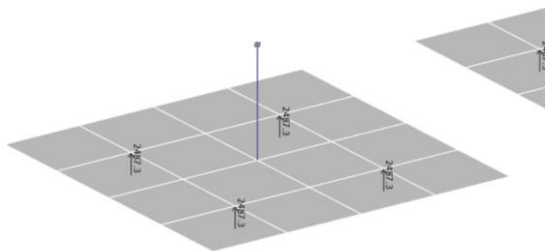
$$V_c \text{ Pakai} = 2,276.68 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 1,707.51 \text{ Ton} > P_{u \text{ Punch}} \text{ (OK)} \\ \tau_c &= 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \\ &= 2.23 \text{ MPa} > \tau_u \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa tebal Poer sebesar 1500 mm dapat digunakan.

#### 4.7.2.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat akibat tiang pancang, beban uplift, dan berat sendiri dari pada pile cap. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan menggunakan program bantu ETABS. Beban yang diinput pada ETABS sesuai pada ilustrasi pada Gambar 4.48 berikut.



Gambar 4.61 Input Beban ETABS Pondasi Tipe 1

$$\begin{aligned}q_D &= 2.4 \times t_{\text{poer}} \\ &= 2.4 \times 1.5 \\ &= 3.6 \text{ Ton/m}^2 \\ q_{\text{Uplift}} &= 9.8 \times h \\ &= 9.8 \times 9.1 \\ &= 89.18 \text{ Ton/m}^2 \\ P_{\text{Maks}} &= 248.74 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan beban di atas, dapat disimpulkan nilai  $M_u$  yang didapatkan menggunakan program bantu ETABS adalah sebagai berikut:

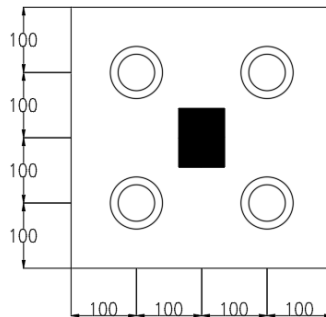
$$M_{ux+} = 2833.57 \text{ kNm}$$

$$M_{ux-} = 158.63 \text{ kNm}$$

$$M_{uy+} = 2640.42 \text{ kNm}$$

$$M_{uy-} = 354.7 \text{ kNm}$$

Poer akan direncanakan sesuai dengan Gambar 4.49 berikut.



Gambar 4.62 Dimensi Pondasi Tipe 1

Berikut adalah perhitungan tulangan dari masing-masing arah untuk pondasi tipe 1:

1. Penulangan Arah X Positif (Atas)

$$M_u = 2833.57 \text{ kNm}$$

$$D \text{ tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{2833.57 \times 1000}{\phi 1000 1417^2} = 0.39 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c}$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{420}{0.85 \times 45} \\
&= 10.98 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{10.98} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.98 \times 0.39}{420}} \right) \\
&= 0.001527 \\
\rho_{\text{min1}} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\
&= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{420} \\
&= 0.00399 \\
\rho_{\text{min2}} &= \frac{1.4}{f_y} \\
&= \frac{1.4}{420} \\
&= 0.00333 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.00399 \\
A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0.00399 \times 1000 \times 1417.5 \\
&= 5660.047 \text{ mm}^2 \\
S_{\text{max1}} &= 3h \\
&= 4500 \text{ mm} \\
S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
&= 1000 \times \frac{490.87}{5660.047} \\
&= 86.72 \text{ mm} \\
S_{\text{pakai}} &= 80 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan atas arah X D25-80 mm

## 2. Penulangan Arah Y Positif

$$M_u = 2640 \text{ kNm}$$

$$D \text{ tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{2640 \times 1000}{\phi 1000 1392.5^2} \\ &= 0.36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \\ &= \frac{420}{0.85 \times 45} \\ &= 10.98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10.98} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.98 \times 0.36}{420}} \right) \\ &= 0.001527 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min1}} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{420} \\ &= 0.00399 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min2}} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{420} \\ &= 0.00333 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00399$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.00399 \times 1000 \times 1392.5 \\ &= 5560.22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 4500 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
 &= 1000 \times \frac{490.87}{5560.22} \\
 &= 88.28 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan atas arah Y D25-80 mm

### 3. Penulangan Arah X Negatif

$$M_u = 158.63 \text{ kNm}$$

$$D \text{ tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{158.63 \times 1000}{\phi 1000 1417^2} \\
 &= 0.02 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 45} \\
 &= 10.98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{10.98} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.98 \times 0.02}{420}} \right) \\
 &= 0.000052
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min1}} = 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{420} \\
 &= 0.00399 \\
 \rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{420} \\
 &= 0.00333 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.00399 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.00399 \times 1000 \times 1417.5 \\
 &= 5660.047 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 4500 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ (perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{490.87}{5660.047} \\
 &= 86.72 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan arah X D25-80 mm

#### 4. Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 M_u &= 354 \text{ kNm} \\
 D \text{ tulangan} &= 25 \text{ mm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{354 \times 1000}{\phi 1000 1392.5^2} \\
 &= 0.04 \text{ MPa} \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{420}{0.85 \times 45} \\
&= 10.98 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{10.98} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.98 \times 0.04}{420}} \right) \\
&= 0.00011 \\
\rho_{\text{min1}} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\
&= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{420} \\
&= 0.00399 \\
\rho_{\text{min2}} &= \frac{1.4}{f_y} \\
&= \frac{1.4}{420} \\
&= 0.00333 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.00399 \\
A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0.00399 \times 1000 \times 1392.5 \\
&= 5560.22 \text{ mm}^2 \\
S_{\text{max1}} &= 3h \\
&= 4500 \text{ mm} \\
S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
&= 1000 \times \frac{490.87}{5560.22} \\
&= 86.72 \text{ mm} \\
S_{\text{pakai}} &= 80 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan arah Y D25-80 mm

Bedasarkan perhitungan penulangan poer di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi penulangan poer seperti pada Tabel 4.66

Tabel 4.66 Rekapitulasi Tulangan Poer

Tipe Poer	t (m)	Tulangan Positif		Tulangan Negatif	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Tipe 1	1.5	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80
Tipe 2	1.5	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80
Tipe 3	1.5	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80
Tipe 4	1.5	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80
Tipe 5	1.5	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80	D25 – 80

### 4.7.3 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah direncanakan dengan mengetahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan.

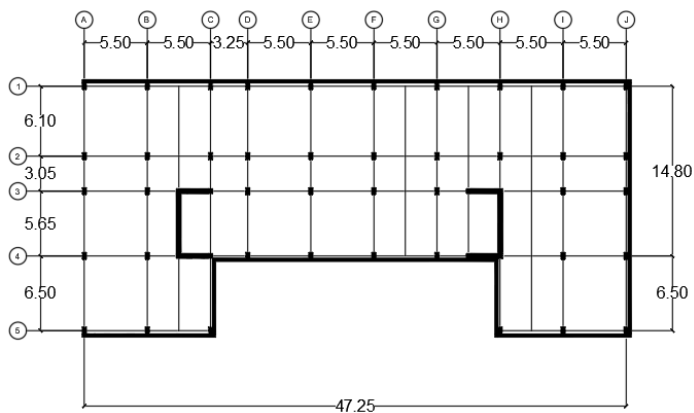
$$\begin{aligned}
 h &= 6.1 \text{ m} \\
 t &= 0.25 \text{ m} \\
 f'c &= 35 \text{ MPa} \\
 fy &= 420 \text{ MPa} \\
 \text{Cover} &= 70 \text{ mm} \\
 D_{\text{tulangan}} &= 16 \text{ mm} \\
 d_z &= 172 \text{ mm} \\
 d_x &= 156 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini, direncanakan dengan kondisi muka air banjir tepat pada permukaan tanah dan ditambah dengan *surchage load* akibat kendaraan sebesar  $800 \text{ kg/m}^2$ .

$$\begin{aligned}
 \gamma_{\text{sat}} &= 1.55 \text{ t/m}^2 \\
 \gamma_{\text{air}} &= 1 \text{ t/m}^2 \\
 \gamma' &= 1.55 - 1 = 0.55 \text{ t/m}^3 \\
 \phi &= 0
 \end{aligned}$$

$$c' = 0.3 \text{ t/m}$$

Dinding direncanakan sesuai dengan denah pada Gambar 4.50 berikut.



Gambar 4.63 Denah Dinding Basement

#### 4.7.3.1 Tekanan Aktif Tanah

Pada perencanaan ini hanya akan diperhitungkan sisi tekanan aktif dari tanah, karena pada sisi dalam basement tidak ada tanah pasif yang menahan dinding basement.

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45 - \phi/2) \\ &= \tan^2 (45 - 0) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_v'_{(0)} &= q + \gamma' \times h = 0.8 + 0.55 \times 0 \\ &= 0.8 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

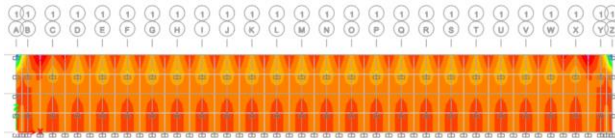
$$\begin{aligned} \sigma_h'_{(0)} &= (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a}) \\ \sigma_h'_{(0)} &= 0.8 - (2 \times 0.3 \times 1) \\ &= 0.2 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tot}}'_{(0)} &= \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h \\ &= 0.2 + 1 \times 0 \\ &= 0.2 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_v'_{(6.2)} &= q + \gamma' \times h \\
 &= 0.8 + 0.55 \times 6.2 \\
 &= 4.21 \text{ t/m}' \\
 \sigma_h'_{(6.2)} &= (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times K_a) \\
 \sigma_h'_{(6.2)} &= 4.21 - (2 \times 0.3 \times 1) \\
 &= 3.61 \text{ t/m}^2 \\
 \sigma_{h_{tot}}_{(6.2)} &= \sigma_h' + \gamma_{air} \times h \\
 &= 3.61 + 1 \times 6.2 \\
 &= 9.81 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

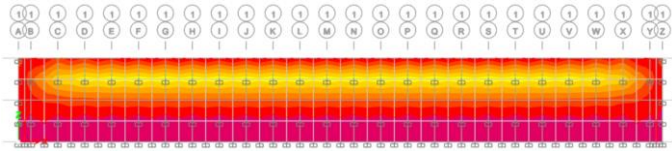
Sehingga akan digunakan beban merata segitiga pada dinding basement dengan tekanan sebesar 0.2 t/m<sup>2</sup> pada titik paling atas dinding basement dan sebesar 9.81 t/m<sup>2</sup> pada titik paling bawah dinding basement. Beban ini kemudian akan diinput di dalam permodelan dinding basement menggunakan program bantu ETABS.

Pada perencanaan ini, direncanakan akan digunakan angkur dengan konfigurasi 2 x 3.1 meter pada muka basement sebagai penahan lateral dan penyumbang gaya pasif untuk menjaga kestabilan dinding basement (*Wall Stability*). Angkur akan dimodelkan sebagai perletakan jepit pada muka dinding basement. Hasil daripada permodelan adalah seperti pada Gambar 4.51 dan Gambar 4.52 berikut.



Gambar 4.64 Hasil Permodelan M11 Dinding Basement





Gambar 4.65 Hasil Permodelan M22 Dinding Basement

$$\begin{aligned}
 M_{Z+} &= 89.3 \text{ kNm} \\
 M_{Z-} &= 32.32 \text{ kNm} \\
 M_{X+} &= 116.39 \text{ kNm} \\
 M_{X-} &= 16.28 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.3.2 Penulangan Dinding Basement

Penulangan dinding basement direncanakan pada arah longitudinal ( $M_x$ ) dan transversal ( $M_z$ ).

##### 1. Penulangan Transversal Positif (Sisi Dalam)

$$M_u = 8930 \text{ kgm}$$

$$D \text{ tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{8930 \times 10000}{\phi 1000 172^2} \\
 &= 3.35 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\
 &= 14.12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 3.35}{420}} \right) \\
 &= 0.0084
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\ \rho_{\min} &= 0.0018 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0.0084 \\ A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0084 \times 1000 \times 172 \\ &= 1461.122 \text{ mm}^2 \\ S_{\max 1} &= 3h \\ &= 750 \text{ mm} \\ S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\ S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\ &= 1000 \times \frac{201.06}{1461.12} \\ &= 137.6 \text{ mm} \\ S_{\text{pakai}} &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan positif transversal D16-125 mm.

## 2. Penulangan Longitudinal Positif (Sisi Dalam)

$$\begin{aligned} M_u &= 11639 \text{ kgm} \\ D \text{ tulangan} &= 16 \text{ mm} \\ \phi &= 0.90 \\ R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{11639 \times 10000}{\phi 1000 156^2} \\ &= 5.31 \text{ MPa} \\ m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\ &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\ &= 14.12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 5.31}{420}} \right) \\
 &= 0.01404 \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.01404 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.01404 \times 1000 \times 156 \\
 &= 2190.99 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{max1}} &= 3h \\
 &= 750 \text{ mm} \\
 S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ (perlu)}} \\
 &= 1000 \times \frac{201.06}{2190.99} \\
 &= 91.767 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan positif transversal D16-75 mm.

### 3. Penulangan Transversal Negatif (Sisi Luar)

$$\begin{aligned}
 M_u &= 3231 \text{ kgm} \\
 D \text{ tulangan} &= 16 \text{ mm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{3231 \times 10000}{\phi 1000 172^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.21 \text{ MPa} \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\
 &= 14.12 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.21}{420}} \right) \\
 &= 0.0029 \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0084 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0029 \times 1000 \times 172 \\
 &= 507.638 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{max1}} &= 3h \\
 &= 750 \text{ mm} \\
 S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{\text{stulangan}}}{A_{\text{s(perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{507.64}{1461.12} \\
 &= 396.07 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 375 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan negatif transversal D16-375 mm.

4. Penulangan Longitudinal Negatif (Sisi Dalam)  
 $M_u = 1628 \text{ kgm}$

$$\begin{aligned}
 D \text{ tulangan} &= 16 \text{ mm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{1628 \times 10000}{\phi 1000 156^2} \\
 &= 0.74 \text{ MPa} \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \\
 &= \frac{420}{0.85 \times 35} \\
 &= 14.12 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.74}{420}} \right) \\
 &= 0.00179 \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0018 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 156 \\
 &= 280.8 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{max1}} &= 3h \\
 &= 750 \text{ mm} \\
 S_{\text{max2}} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ (perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{201.06}{280.8} \\
 &= 716.03 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan negatif longitudinal D16-450 mm.

#### 4.7.4 Perencanaan Sloof

Sloof akan direncanakan dengan beban yang meliputi lateral dan beban aksial yang berasal dari 10% beban kolom. Ada pun data perencanaan sloof seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 L &= 6.5 \text{ m} \\
 b &= 600 \text{ mm} \\
 h &= 2500 \text{ mm} \\
 A_g &= 1500000 \text{ mm}^2 \\
 f'_c &= 45 \text{ MPa} \\
 f_y &= 420 \text{ MPa} \\
 \text{Cover} &= 70 \text{ mm} \\
 D_{\text{longitu-}} &= 32 \text{ mm} \\
 D_{\text{transvers}} &= 16 \text{ mm} \\
 d &= 600 - (70 + 16 + 0.5 (32)) \\
 &= 2398 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

##### 4.7.4.1 Penulangan Sloof

Pembebanan sloof untuk beban lateral direncanakan dalam dua keadaan, yaitu terbebani akibat beban kendaraan dan akibat beban uplift. Nilai uplift menjadi kritis akibat kedalaman pelat basement yang berada pada kedalaman yang cukup dalam, yaitu 6.2 meter

Sloof diasumsikan berperilaku seperti kolom karena menerima beban lentur dan aksial sehingga dalam perhitungan ini digunakan program bantu SpColumn untuk mengetahui diagram interaksi pada sloof. Selain itu, untuk mendapatkan gaya dalam, digunakan program bantu pula ETABS. Berikut adalah pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan Sloof.

Beban Mati ( $q_D$ )

$$\begin{aligned} \text{Pelat Lantai} &= 2400 \times 0.40 = 960 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat Sendiri} &= 2400 \times 2.5 = 3600 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup ( $q_L$ )

$$\text{Lantai Basement} = 500 \text{ kg/m}^2$$

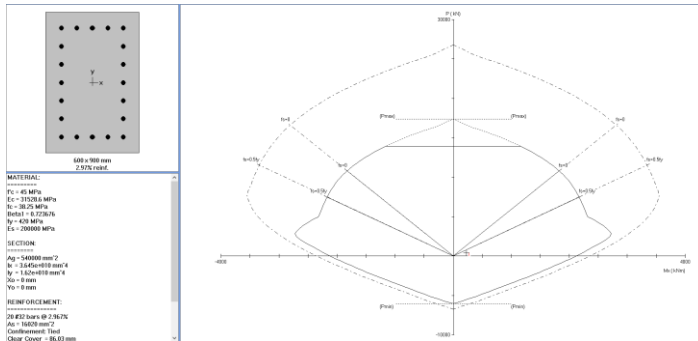
Beban Uplift ( $q_{\text{uplift}}$ )

$$\text{Uplift} = 1000 \times 6.2 = 6200 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan beban di atas dapat disimpulkan gaya dalam yang didapatkan menggunakan ETABS sebagai berikut, berturut-turut akibat kombinasi 1.4 D, 1.2D + 1.6L, dan D + Uplift.

$$\begin{aligned} M_{u1} &= 78.46 \text{ kNm} \\ M_{u2} &= 104.49 \text{ kNm} \\ M_{u3} &= 232.55 \text{ kNm} \quad (\text{Digunakan}) \\ M_u &= 232.55 \text{ kNm} \\ V_{u1} &= 163.27 \text{ kNm} \\ V_{u2} &= 120.50 \text{ kNm} \\ V_{u3} &= 384.01 \text{ kNm} \quad (\text{Digunakan}) \\ V_u &= 384.01 \text{ kNm} \\ P_u &= 37646.31 \text{ kN} \\ P &= 10\% P_u \\ &= 3764.63 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini akan digunakan penulangan sloof 20 D32. Pada gambar 4.53 berikut adalah hasil analisa menggunakan program bantu SpColumn.



Gambar 4.66 Diagram Interaksi Sloof

$$M_u = 232.55 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 2224.1 \text{ kNm} > M_u \text{ (OK)}$$

Geser sloof akan direncanakan seperti perencanaan geser pada balok.

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} b d \\ &= 0.17 \sqrt{45} \times 600 \times 798 \\ &= 546,020.96 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 409,515.72 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 204,743.00 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} b d \\ &= 0.062 \sqrt{45} \times 600 \times 798 \\ &= 200,743.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_{s \text{ min}} = 150,557.25 \text{ N}$$

Selanjutnya perlu diperhitungkan kondisi yang dipenuhi oleh kekuatan geser pada lapangan.

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 2:

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (\text{Memenuhi})$$



Karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser dipenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok ini dengan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 s &= 200 \text{ mm} \\
 V_u &= 384,010 \text{ N} \\
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{384,010}{0.75} \\
 &= 512,013.33 \text{ N} \\
 V_c &= 546,020 \text{ N} \\
 V_{s \text{ perlu}} &= V_n - V_c \\
 &= -34,007.63 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka disimpulkan tidak diperlukan tulangan geser, sehingga dapat digunakan tulangan geser minimum.

$$\begin{aligned}
 D_{\text{senggang}} &= 16 \text{ mm} \\
 f_{y \text{ senggang}} &= 420 \text{ MPa} \\
 n &= 2 \text{ kaki} \\
 A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{senggang}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 16^2 \\
 &= 402.12 \text{ mm}^2 \\
 S &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan geser tumpuan 2D16-200 mm.

#### 4.7.5 Penulangan Tusuk Konde

Dalam penulangan tusuk konde diambil rasio tulangan minimum sesuai dengan SNI 2847:2019 yaitu sebesar 2% dari diameter dalam tiang pancang. Spesifikasi tiang pancang yang digunakan adalah 800 mm dengan ketebalan 120 mm.

$$\text{Diameter dalam} = 800 - 2 \times 120$$

$$\begin{aligned}
 &= 560 \text{ cm} \\
 \rho_{\min} &= 0.02 \\
 \text{As perlu} &= 0.02 \times 0.25 \times \pi \times d^2 \\
 &= 0.02 \times 0.25 \times \pi \times 660^2 \\
 &= 49.26 \text{ cm}^2 \\
 n &= \frac{68.42}{0.25 \times \pi \times d^2} \\
 &= \frac{68.42}{0.25 \times \pi \times 32^2} \\
 &= 6.12 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tusuk konde 8D32.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan.”*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Ringkasan Hasil Desain**

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka disimpulkan beberapa poin sesuai dengan detail masalah seperti berikut:

1. Sesuai dengan perhitungan menggunakan peraturan SNI 2847:2019, maka dimensi struktur sekunder dan primer dapat disimpulkan seperti pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Dimensi Struktur Sekunder

<b>Elemen</b>	<b>Type</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Balok Anak	BA1	Pracetak	35/35	cm
		Komposit	35/50	cm
	BA2	Pracetak	35/25	cm
		Komposit	35/40	cm
	BA3	Pracetak	35/35	cm
		Komposit	35/50	cm
Pelat	Lantai	Pracetak	10	cm
		Komposit	15	cm
	Basement Lt.2	Cast in situ	40	cm
Tangga	Pelat Bordes	Cast in situ	14	cm
	Pelat Tangga		14	cm

Tabel 5.2 Rekapitulasi Dimensi Struktur Primer

<b>Elemen</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Balok Induk	BI1	Pracetak	60/65	cm
		Komposit	60/80	cm
	BI2	Pracetak	40/45	cm
		Komposit	40/60	cm
	BI3	Pracetak	40/45	cm
		Komposit	40/60	cm
	BI4	Pracetak	45/50	cm
		Komposit	45/65	cm
	BI5	Pracetak	60/75	cm
		Komposit	60/90	cm
	BI6	Pracetak	60/75	cm
		Komposit	60/90	cm
	BI7	Pracetak	60/75	cm
		Komposit	60/90	cm
Kolom	K1	Pracetak	65 x 80	cm
	K2	Pracetak	65 x 80	cm
	K3	Pracetak	65 x 80	cm
	K4	Pracetak	65 x 80	cm
	K5	Pracetak	70 x 90	cm
	K6	Pracetak	70 x 90	cm
Shear Wall	SW	Cast in situ	60	cm
Pile Cap	Tipe 1	Cast in situ	400 x 400	cm
	Tipe 2	Cast in situ	400 x 705	cm
	Tipe 3	Cast in situ	725 x 400	cm
	Tipe 4	Cast in situ	1245 x 1270	cm

	Tipe 5	Cast in situ	1500 x 1270	cm
Spun Pile	Tipe 1	Diameter	80	cm
		Kedalaman	20	m
	Tipe 2	Diameter	80	cm
		Kedalaman	20	m
	Tipe 3	Diameter	80	cm
		Kedalaman	20	m
	Tipe 4	Diameter	80	cm
		Kedalaman	20	m
	Tipe 5	Diameter	80	cm
		Kedalaman	20	m

2. Sesuai dengan peraturan SNI 1726:2019 untuk beban gempa, 1727:2013 untuk beban hidup, dan PPIUG 1983 untuk beban mati.
3. Analisa struktur gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) menggunakan program bantu ETABS 18. Data-data yang diperlukan untuk perhitungan respon spektrum diambil dari petagempa.pusjatan.pu.go.id untuk wilayah gempa Kota Bekasi dan perhitungannya mengacu sesuai peraturan SNI 1726:2019.
4. Sistem sambungan pada elemen balok menggunakan produk sambungan *Modix Rebar Coupler* dari PEIKKO dan sambungan pada elemen kolom menggunakan produk sambungan *Coupler Sleeve* dari NMB Splice Sleeve. Pada elemen non-pracetak seperti tangga, shear wall, dan pelat menggunakan sambungan konvensional dengan tulangan menerus.

5. Pondasi yang dirancang menggunakan produk tiang pancang WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dengan diameter 80 cm dan kedalaman 2000 cm, sedangkan pile cap didesain menggunakan tegangan desain dengan tebal 150 cm.
6. Hasil perencanaan yang telah dilakukan pada gedung Apartemen Tamansari Iswara (Tower C) akan digambarkan pada gambar teknik yang terdapat di lampiran.

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka disarankan beberapa hal seperti pada poin berikut:

1. Setelah desain struktur didapatkan dari tugas akhir ini, selanjutnya perlu dilakukan perencanaan lanjutan mengenai waktu dan biaya konstruksi berdasarkan desain struktur pracetak untuk mencapai perencanaan bangunan yang lebih menyeluruh.
2. Dalam proses ereksi dan instalasi sambungan elemen pracetak dibutuhkan perhatian lebih dengan memperhatikan titik maupun sudut angkat agar tidak terjadi kegagalan akibat gaya tak teduga.
3. Pada pelaksanaan proses konstruksi, perlu pula direncanakan pengaplikasian di lapangan sehingga pelaksanaan konstruksi dapat berjalan dengan baik, seperti site layout, transportasi material bangunan, transportasi elemen pracetak, dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI. (2014). *ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural*. U.S.A.: American Concrete Institute.
- ASCE. (2017). *ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Virginia: American Society of Civil Engineer.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 03-1727-2013 Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Chandurkar, P. P., & Pajgade, P. S. (2013). Seismic Analysis of RCC Building with and without Shear Wall. *International Journal of Modern Engineering Research*, 1805-1810.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG)*. Jakarta: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Elliot, K. S. (2002). *Precast Concrete Structure*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Ervianto, W. I. (2006). *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak dan Bekisting*. Bandung: CV. Andi OFFSET.

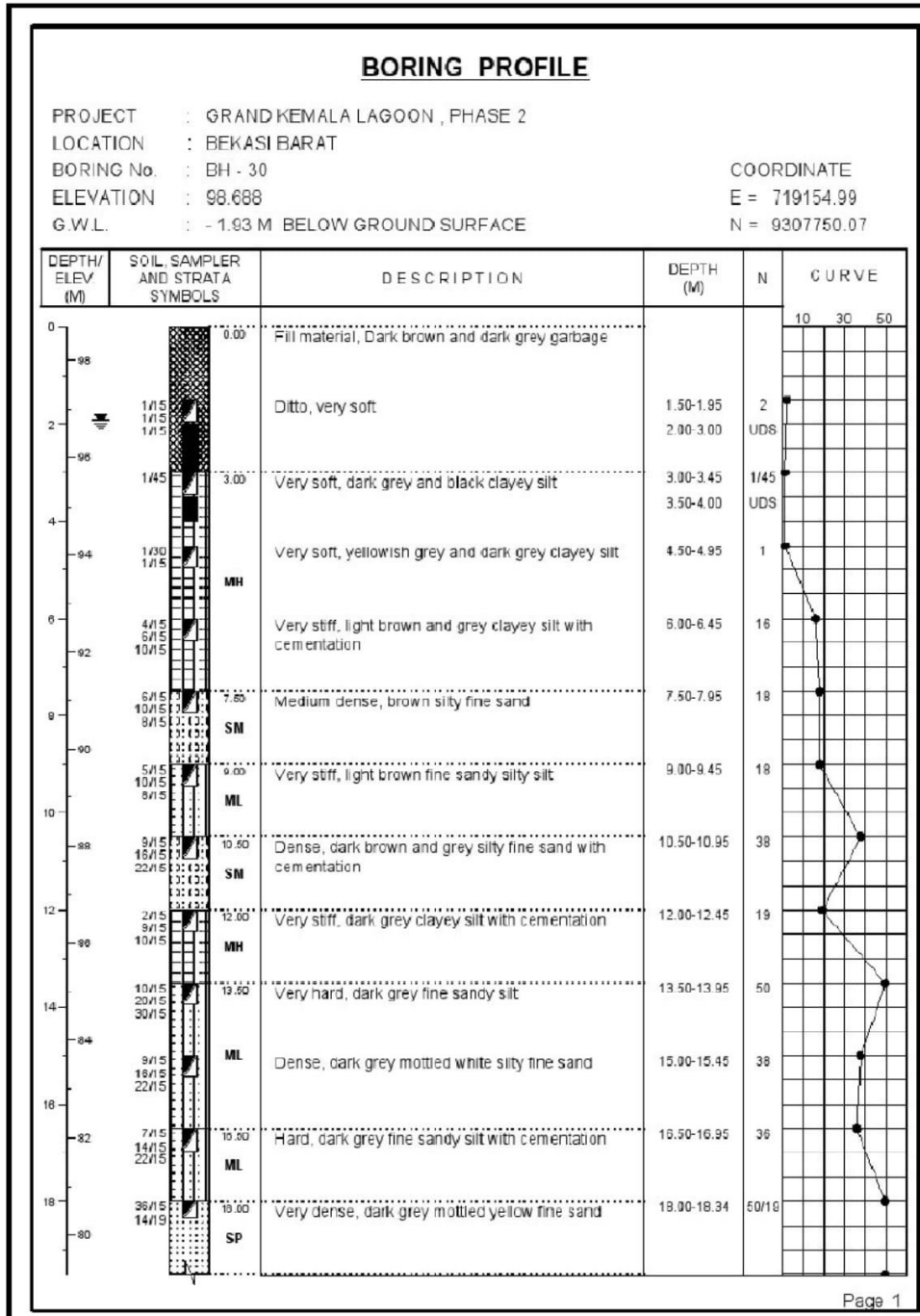


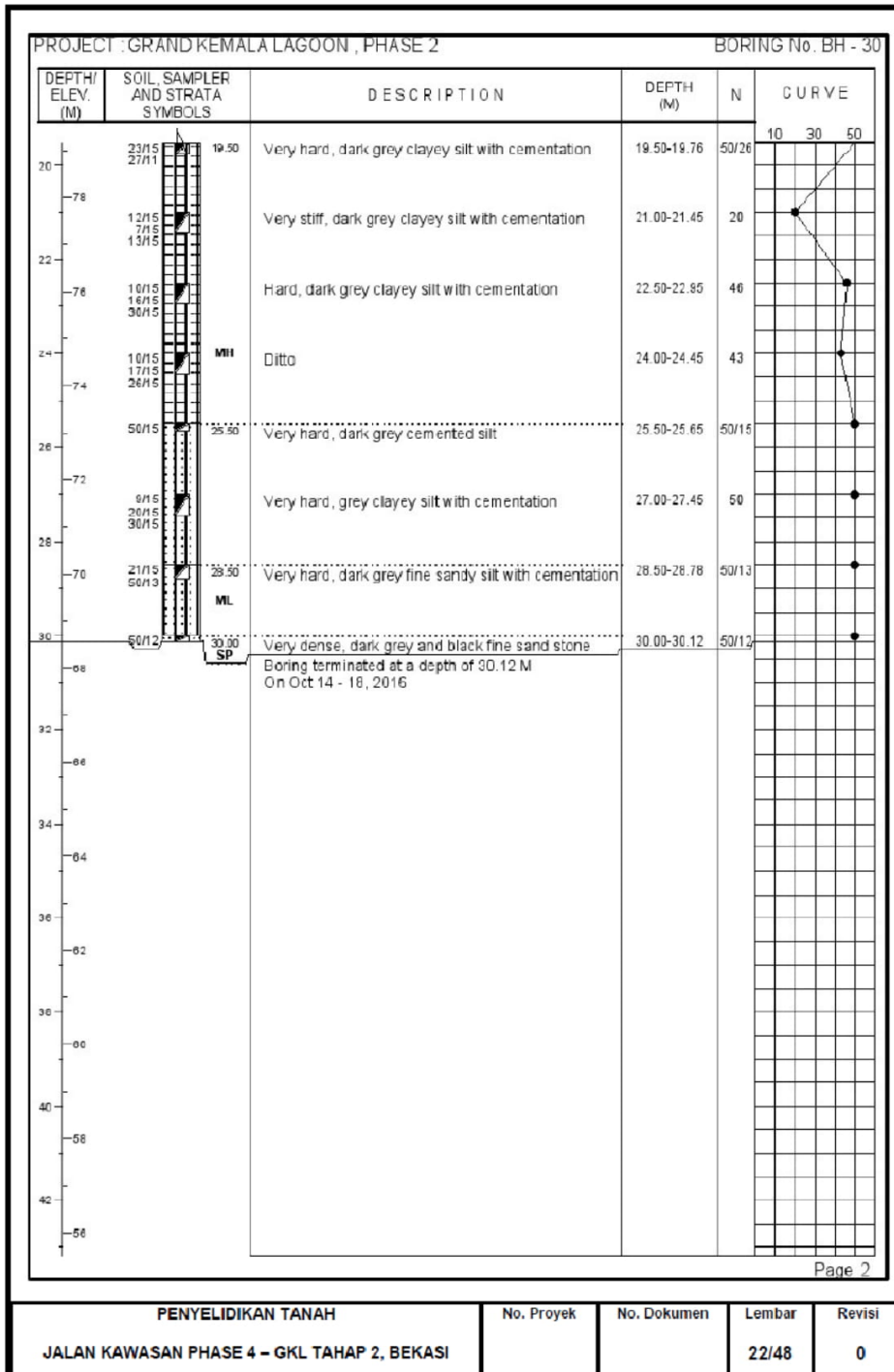
- Gue, S. S., & Tan, Y. C. (1998). *Design and Construction Considerations for Deep Excavation*. SSP Geotechnics Sdn Bhd.
- Imran, I., & Hendrik, F. (2014). *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.
- Irawan, D. (2017). *Model Sambungan antar Pelat Beton Pracetak pada Sistem Half Slab Precast Dua Arah*. Surabaya: ITS.
- Juwana, J. S. (2005). *Panduan Sistem Bangunan Tinggi untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan*. Jakarta: Erlangga.
- McCormac, J. C., & Nelson, J. K. (2005). *Design of Reinforced Concrete; ACI 318-05 Code Edition*.
- Modix Rebar Couplers. (2016). *Brosur Peikko Group Corporation*.
- Nimse, R. B., Joshi, D. D., & Patel, P. V. (2014). Behavior of wet precast beam column connections under progressive collapse scenario: an experimental study 6. *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 4, 149-159.
- NMB Splice-Sleeve Systems. (2017). *Brosur Splice Sleeve North*. Michigan.
- Paulay, T., & Priestley, J. M. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. Christchurch.
- PCI. (2004). *PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 6th Edition*. Chicago: PCI Industry Handbook Committee.
- Schueller, W. (1989). *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung.
- Tjahjono, E., & Purnomo, H. (2004). *Pengaruh Penempatan Penyambungan Pada Perilaku Rangkaian Balok-*

*Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar. Makara  
Teknologi 8 (3).*

Yadav, N. B., & Shah, R. A. (2013). *Pre-Cast Technology:  
An Initial Step to Sustainable Development.*  
Bardoli: India.

## **LAMPIRAN**





## 1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011  
 Machinery directive 2006/42/EC  
 VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLW) can be used at an angle  $\beta$  of 0–45°.

The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. **The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa.**

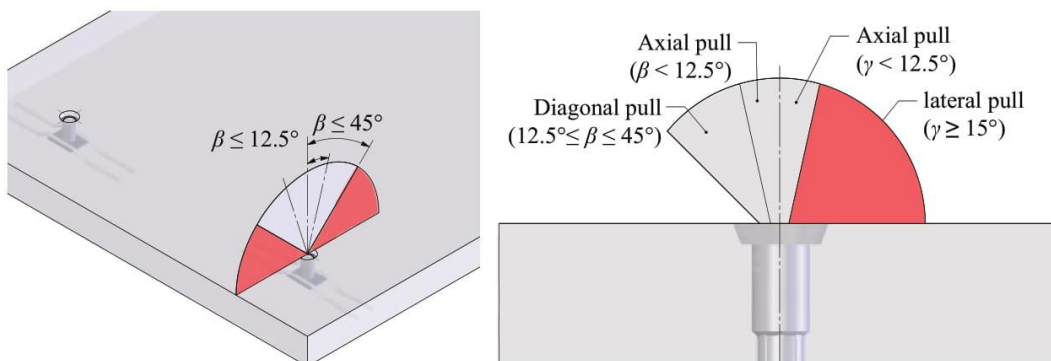


Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	Load Class	WAS SWL for $\beta$ 0-45° [kN]	BSA SWL for $\beta$ 0-45° [kN]	PSA SWL for $\beta$ 0-45°		
				at 15 MPa [kN]	at 20 MPa [kN]	at 25 MPa [kN]
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

### 1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Peikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Peikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness  $c$  due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in *Table 18*. *Figure 22* visualizes the requirements.

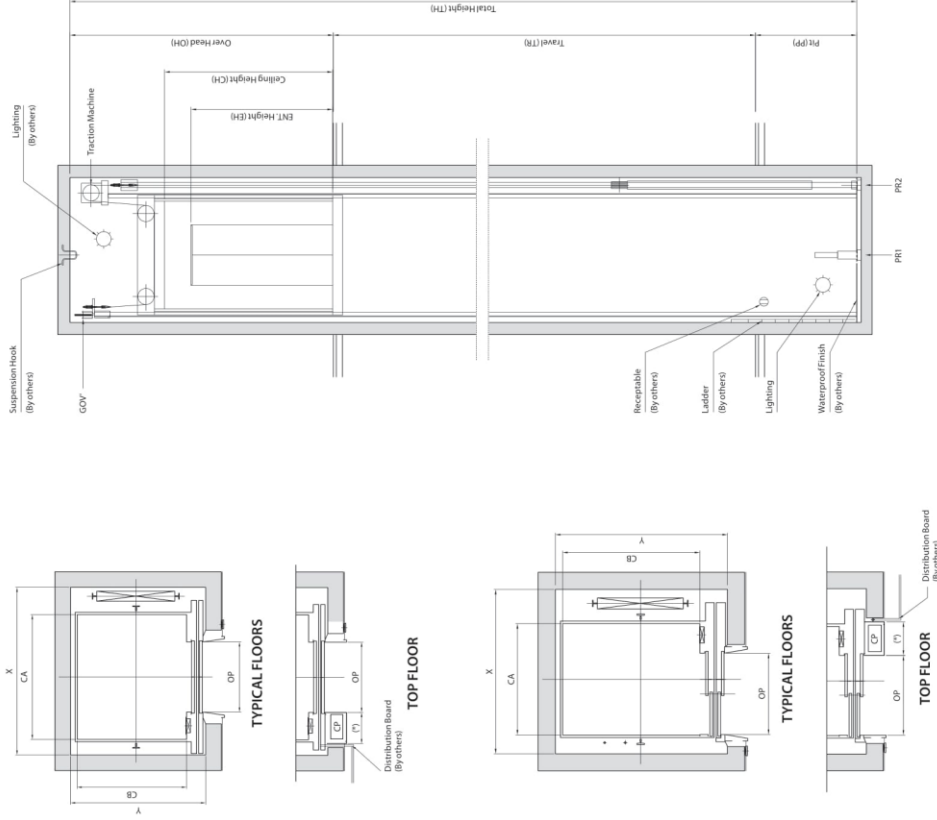
*Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.*

Item No. JRd/JM	WAS			BSA			PSA		
	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

# HOISTWAY PLAN AND SECTION

## YZER-R MRL

### LAYOUT OF HOISTWAY



- Notes:
1. The lighting of hoistway should be installed less than 500mm from above the ceiling of hoistway and within 500mm above the bottom of the pit. (By others)
  2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

# STANDARD DIMENSIONS AND REACTIONS

## YZER-R MRL

### MANUFACTURER STANDARD

Speed (m/s)	Capacity Persons	Capacity (kg)	Opening Type	Clear Opening (mm)	Car Size (mm)			Hoistway Size (mm)			Control Panel Box (mm)		PIT Reaction (kg)
					CA	X	CB	X	X	Y	CP	PRI	
1.0	6	450		700	1100	1100	1700	1700	1650			5600	4700
	7	550		800	1100	1300	1800	1800	1650			6100	5000
1.0	8	600	2P-CO	800	1100	1400	1800	1750			505	7000	5700
	9	700		800	1250	1400	1900	1750				7400	6000
1.5	10	800		800	1300	1400	1900	1750				7800	6200
1.75	12	900		900	1600	1300	2200	1650				8700	6900
1.0	5	400		800	1000	1100	1600	1500				5300	4500
	6	450		800	1100	1100	1700	1550				5600	4700
1.0	7	550		800	1100	1300	1700	1700				6100	5000
	8	600		800	1100	1400	1700	1800				7000	5700
1.0	9	700	2P-SO	900	1200	1400	1800	1800			505	7400	6000
	10	800		900	1300	1400	1900	1800				7800	6200
1.5	12	900		900	1300	1600	1900	2000				8700	6900
1.75	13	1000		900	1100	2100	1700	2500				9600	7600

- Notes:
1. Above dimensions are applied base on standard car size & opening size for other applicable dimensions, please contact us.
  2. If apply the safety gear on counterweight side, please consult with us.
  3. If need to apply safety gear on counterweight, please consult with us.

### OVERHEAD & PIT DEPTH

Speed (m/s)	Max.Travel (TR)	Overhead (OH)		PIT Depth (PP)
		CH+1400	1200	
1.0	50,000	CH+1500	1300	1400
	70,000	CH+1600	1200	
1.75	80,000	CH+1700	1300	1400
	50,000	CH+1800	1300	
1.5	70,000	CH+1900	1400	1400
	80,000	CH+1900	1400	

- Notes:
1. Above dimensions are applied base on standard car size & opening for other applicable dimensions, please contact us.
  2. In case of 1.0m/s with travel is above 25m, Pit depth should be increased 100mm to apply the compensation device.
  3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, please consult us.



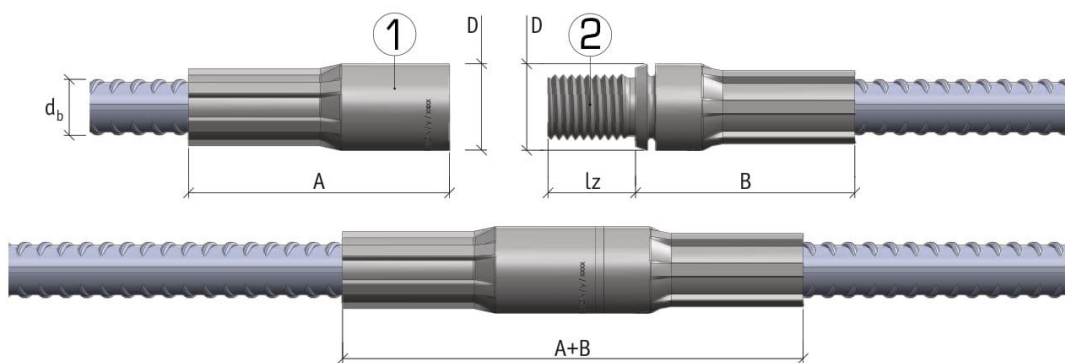
**MODIX® SM** (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

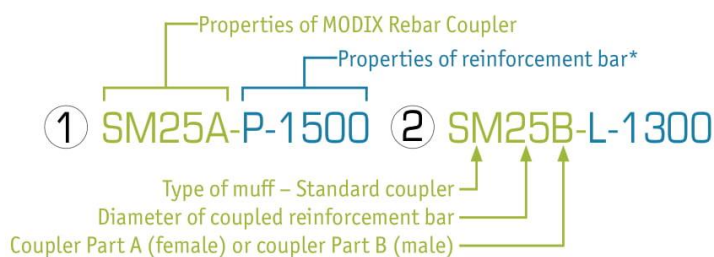


Coupler type	Bar $\varnothing d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing D$ [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length $l_z$ [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green

- Part A and Part B can be ordered separately.



Example of a product code:



\*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

**Application**

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.

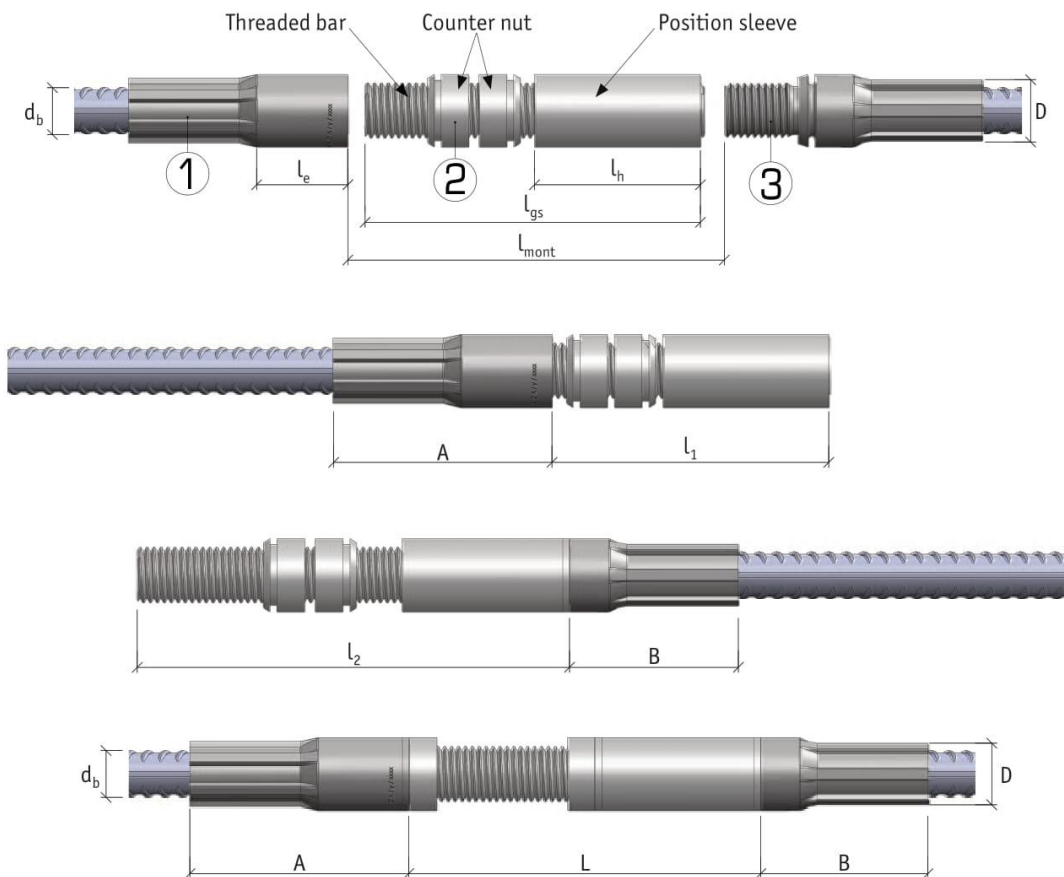


## MODIX® PM (Position Coupler)

- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar Ø $d_b$ [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A $l_e$	Length $l_1$	Length $l_2$	Length of position sleeve $l_h$	Length threaded bar $l_{gs}$	Max. free spacing $l_{mont}$	Length L	ISO metric thread M	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green

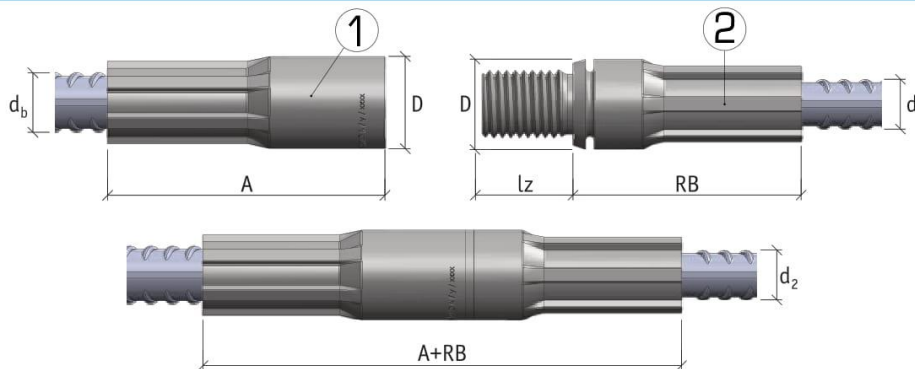


## MODIX® RM (Reduction Coupler)

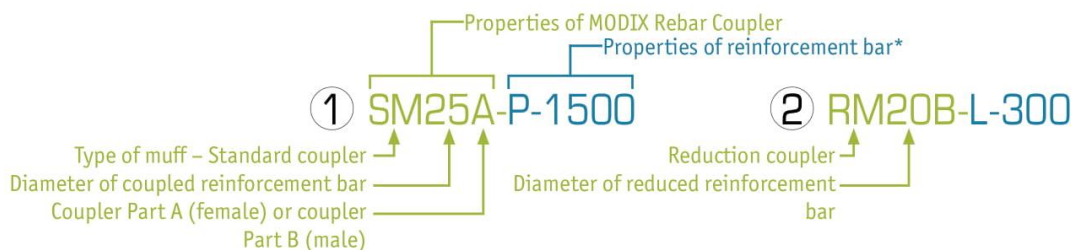
- For connecting bars with different diameters
- At least one bar can be moved axially and rotated



Coupler type	Bar $\varnothing d_b$ [mm]	Reduced bar $\varnothing d_2$ [mm]	Coupler $\varnothing D$ [mm]	Length Part A [mm]	Reduced Part length RB [mm]	Thread length Lz [mm]	Parts A + RB fitted together [mm]	ISO metric thread M	Color of thread protector
RM12/10	12	10	21.0	63	52	21.2	113	M 16 x 2	Yellow
RM14/12	14	12	24.0	72	57	24.8	127	M 18 x 2.5	Blue
RM16/14	16	14	27.0	80	63	27.5	141	M 20 x 2.5	White
RM20/16	20	16	33.0	98	77	31.6	173	M 24 x 3	Gray
RM25/20	25	20	41.0	122	98	39.0	218	M 30 x 3.5	Red
RM28/25	28	25	47.0	141	111	46.0	250	M 36 x 4	Black
RM32/28	32	28	53.0	156	124	53.5	278	M 42 x 4.5	Brown
RM40/32	40	32	63.5	163	136	61.7	297	M 48 x 5.0	Green



Example of a product code:



\*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

### Combinations of bar diameters:

Only bars that are one size smaller in diameter can be connected (please refer to the table above, column "Coupler type"). MODIX Part B (male) is commonly used for reduction. If a MODIX Part A part is to be used as reduction, please specify this in the ordering list.

### Application

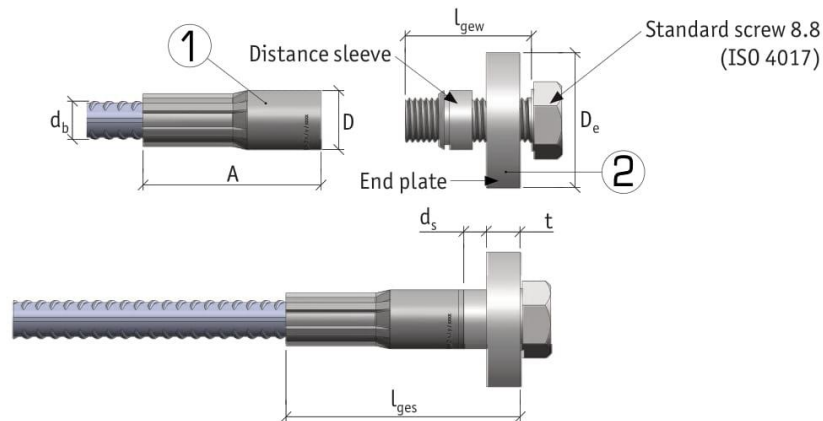
MODIX RM Reduction Couplers are used when the reinforcement bar diameter should be reduced by one size with full tension and compression capacity.

## MODIX® EM (End-Anchor Coupler)

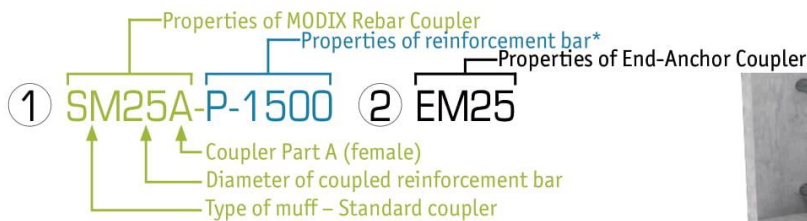
- Alternative to end hooks
- Anchor or plug for reinforcement bar
- No axial movement and rotation of SM A muff required



Coupler type	Bar $\varnothing d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing D$ [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A $l_e$	Thickness of distance sleeve $d_s$	Length fitted together $l_{ges}$	End-Plate $\varnothing D_e$	End-plate thickness $t$	Thread length of screw $l_{gew}$	ISO metric thread M	Color of thread protector
EM10	10	17.5	52	21	9	71	40	10.0	40.0	M 12 x 1.75	Orange
EM12	12	21.0	63	26	10	85	48	12.0	45.0	M 16 x 2	Yellow
EM14	14	24.0	72	30	11	97	55	14.0	50.0	M 18 x 2.5	Blue
EM16	16	27.0	80	33	11	106	63	15.0	55.0	M 20 x 2.5	White
EM20	20	33.0	98	37	12	129	80	19.0	60.0	M 24 x 3	Gray
EM25	25	41.0	122	44	14	160	95	24.0	75.0	M 30 x 3.5	Red
EM28	28	47.0	141	51	16	185	110	28.0	90.0	M 36 x 4	Black
EM32	32	53.0	156	59	18	205	130	31.0	100.0	M 42 x 4.5	Brown
EM40	40	63.5	163	65	20	223	150	40.0	120	M 48 x 5.0	Green



Example of a product code:



\*Properties of reinforcement bars are described in detail in Annex A.

### Design of end-anchor

The end-anchor plates are dimensioned to transfer the full strength of the respective bar. The center line and edge spacing result from the proof of the partial area pressure. Supplementary transverse reinforcement should be designed according to EN 1992-1-1 chapter 9.8.4.

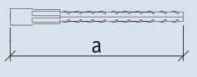
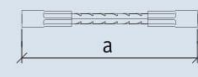
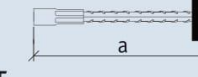
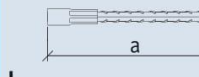
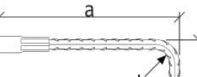
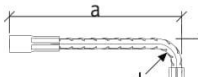
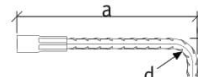
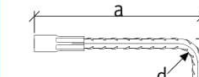
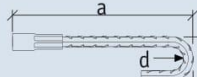
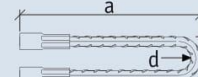
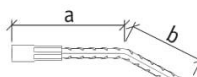
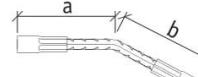
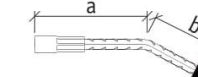
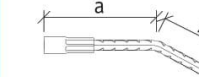
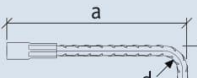
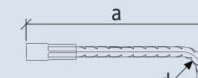


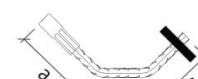


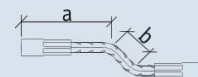
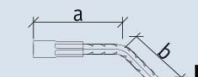
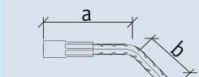
### Application

MODIX EM End-Anchor Couplers are used to reduce the anchorage length of the rebar.





Table 3. MODIX rebar Product shape list.

P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L – Headed stud
			
<p><b>P</b> <b>D</b> <b>E</b> <b>L</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a</math>                      Example of product code: SM25A-E-1200</p>			
			
<b>P12</b>	<b>D12</b>	<b>E12</b>	<b>L12</b>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b - \frac{1}{4}d - d_b</math>                      Example of product code: SM25A-P12-1200(500)</p>			
			
<b>P13</b>	<b>D13</b>		
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + 0.57b + c - 1.57d_b</math> or <math>l_e = 2a + 0.57b - 1.57d_b</math>                      Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)</p>			
			
<b>P15</b>	<b>D15</b>	<b>E15</b>	<b>L15</b>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b</math>                      Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))</p>			
			
<b>P21</b>	<b>D21</b>		
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_b</math>                      Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)</p>			
			
<b>P25</b>	<b>D25</b>	<b>E25</b>	<b>L25</b>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(-45)-600-(-45))</p>			
			
<b>P26</b>	<b>D26</b>	<b>E26</b>	<b>L26</b>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(-45)-600-(-45))</p>			



# NMB SPLICE-SLEEVE

## NMB SPLICE-SLEEVE

**Steel Specification:** The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

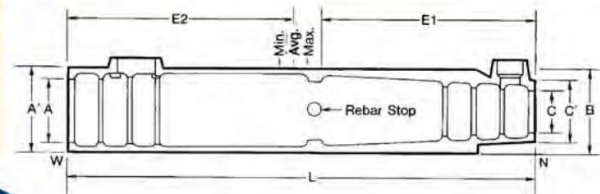
**Grout Specification:** The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

<b>Type 2 (ACI)*</b>	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	<b>9,500 psi</b>
<b>Type 1 &amp; AASHTO</b>	(125% Fy = 75 ksi)	<b>6,500 psi</b>
<b>Yield Strength</b>	(100% Fy = 60 ksi)	<b>4,000 psi</b>

NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.  
\*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*											RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH					
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter			Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)	Max. Dia. (B) inch (mm)	I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)

\*\*The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".

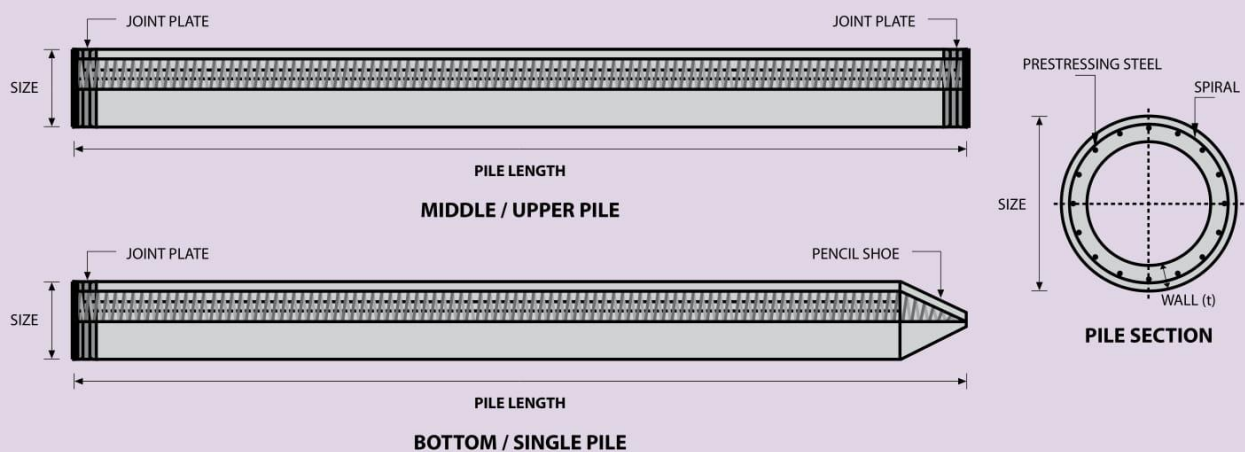




## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJT5 40 (Deformed) Steel Class : BJT6 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm <sup>2</sup> ) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



## PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight ( $\text{kg/m}$ )	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)
						Crack* (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
					A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
350	65	581.98	62,162.74	145	A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
					A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
450	80	929.91	166,570.38	232	A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
					A1	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
					A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24
					A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24

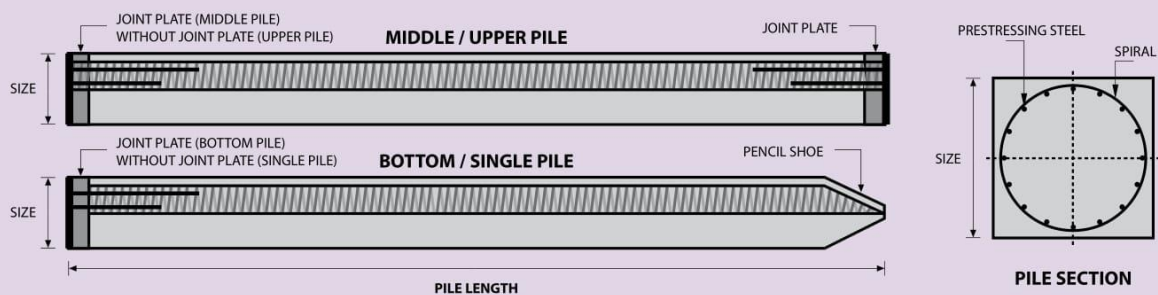
Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

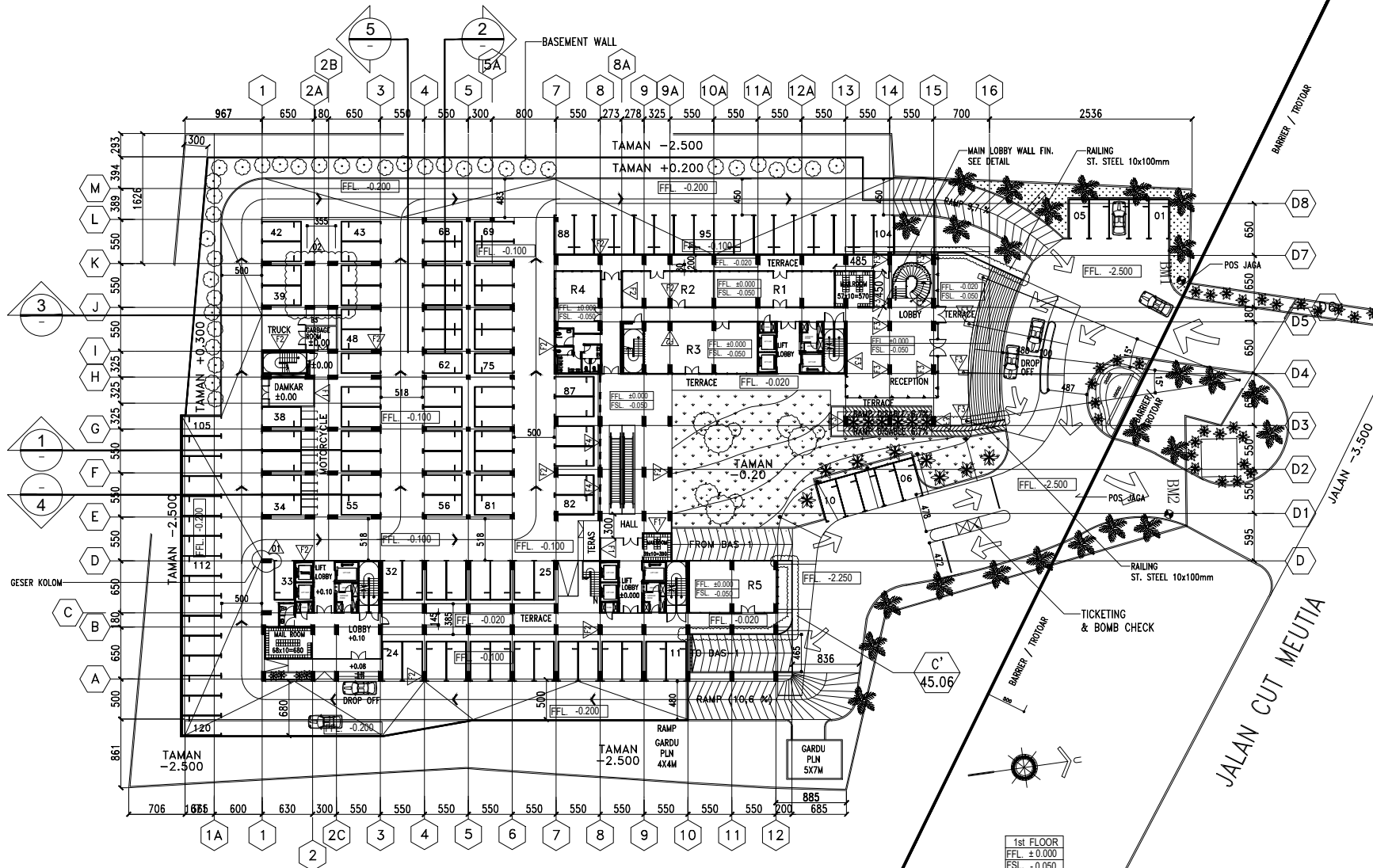
\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES







**SITEPLAN EKSTING**

**SKALA 1 : 750**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

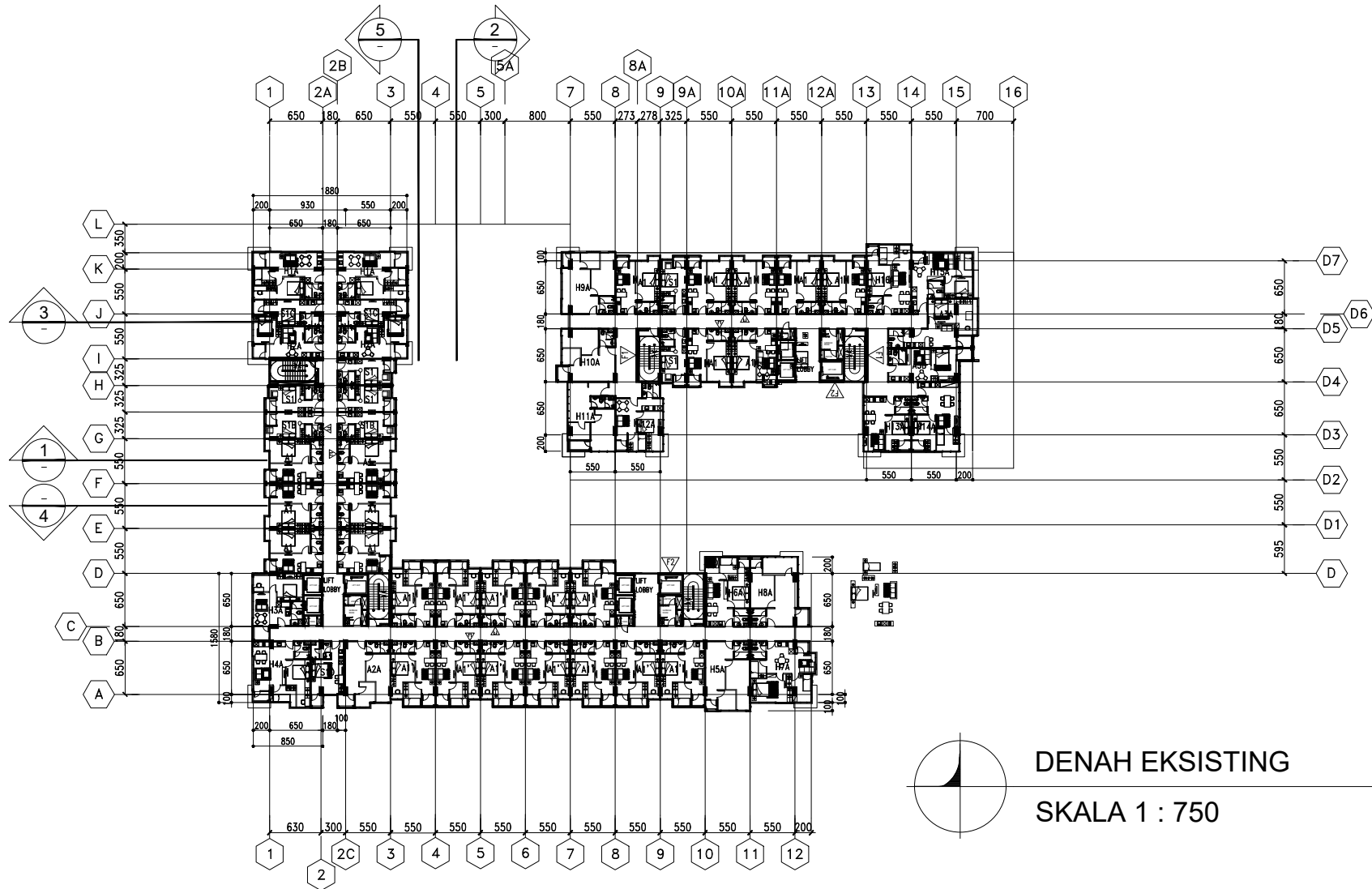
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Siteplan Eksisting  
Skala 1: 750

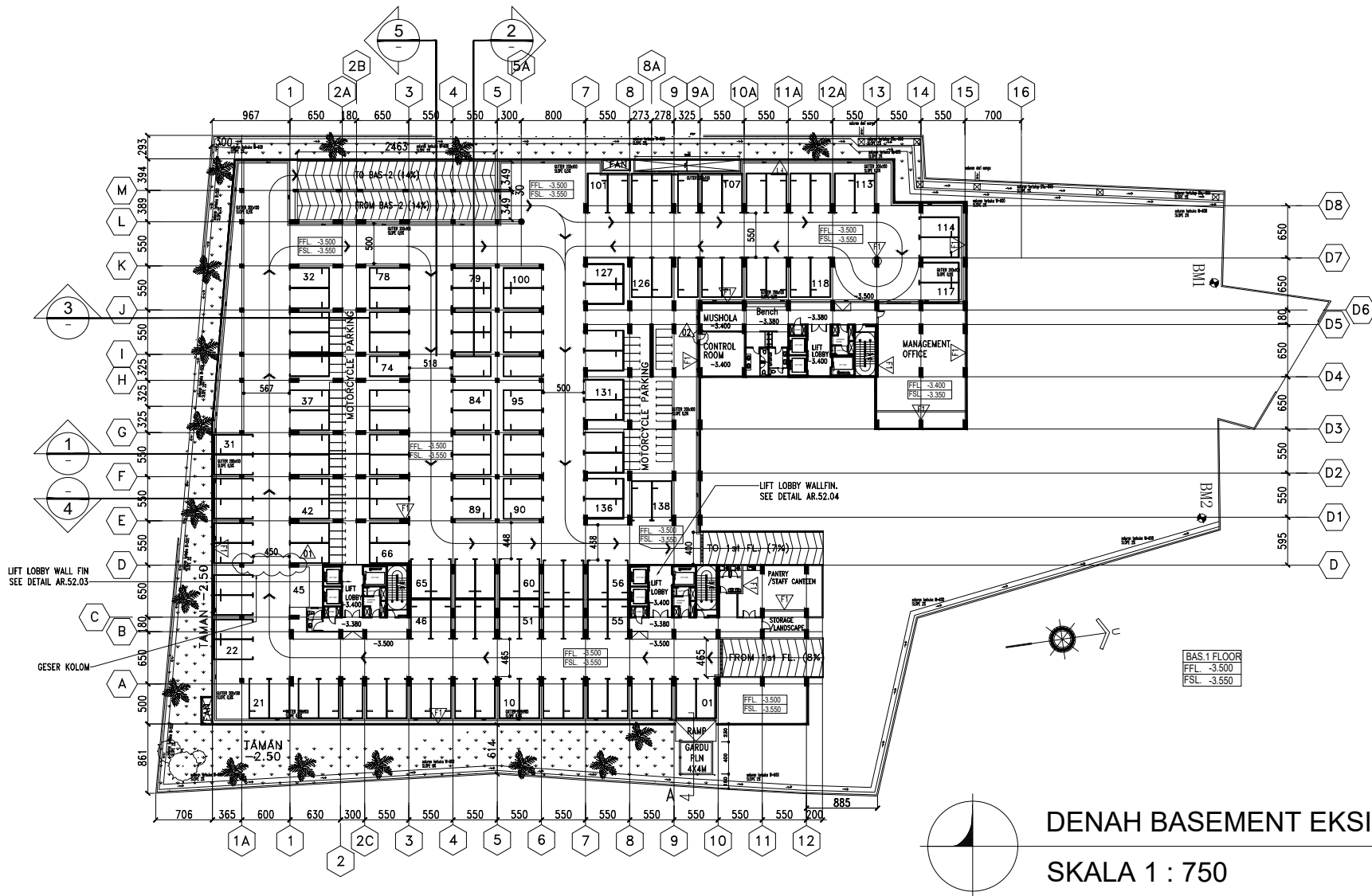
**NO. GAMBAR**

1 / 63



DENAH EKSISTING  
SKALA 1 : 750

<p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSPK INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p>DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019</p>	<p><b>DOSEN PEMBIMBING</b></p> <p>Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p>Naufal Muhammad Rizky Sulisitio (0311164000012)</p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>Denah Eksisting Skala 1: 750</p>	<p><b>NO. GAMBAR</b></p> <p>2 / 63</p>



**DENAH BASEMENT EKSTING**  
**SKALA 1 : 750**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**FTSPK**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH**  
**NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
 BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

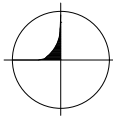
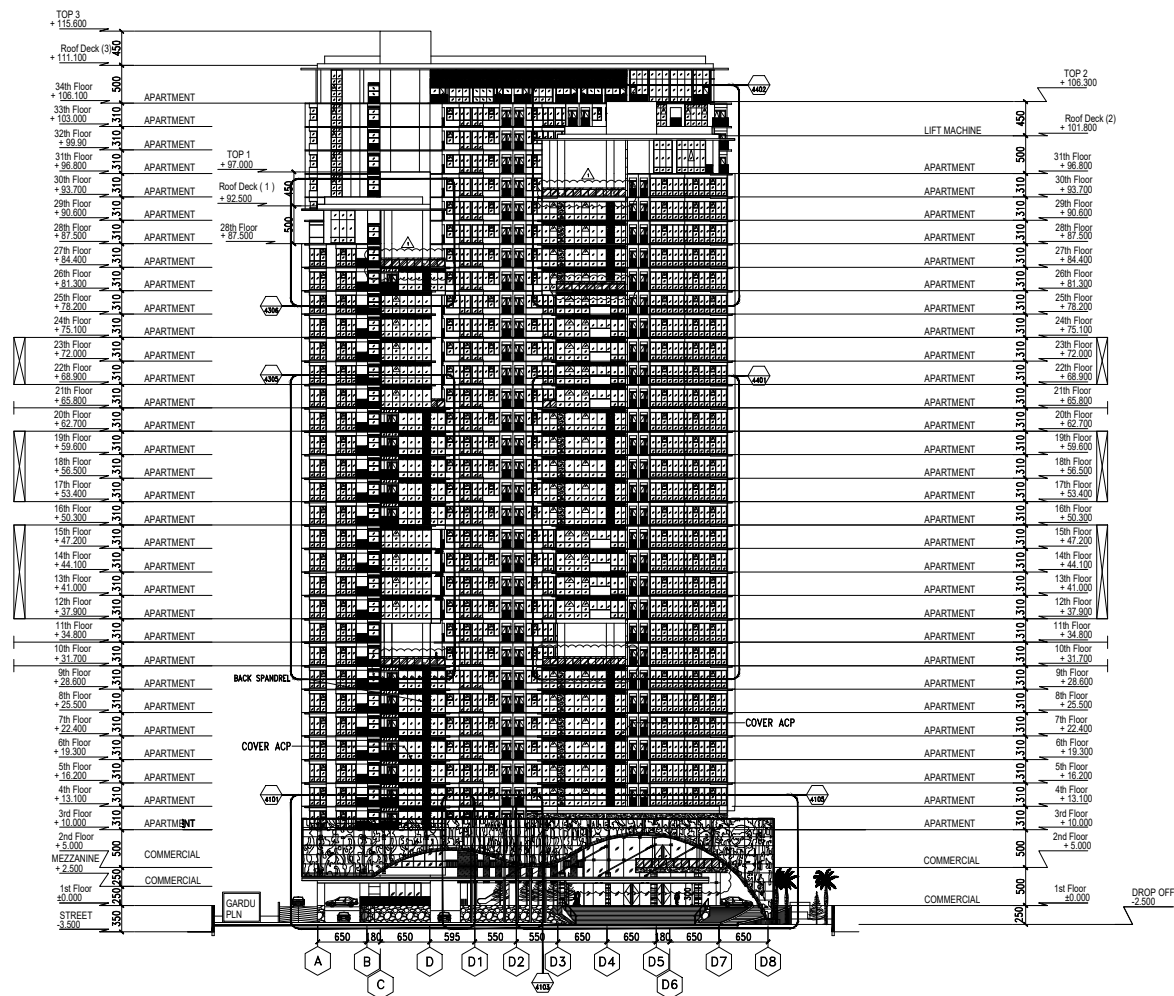
Naufal Muhammad Rizky  
 Sulisitio  
 (0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Denah Basement Eksisting  
 Skala 1: 750

**NO. GAMBAR**

3 / 63



TAMPAK DEPAN EKSTING

SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

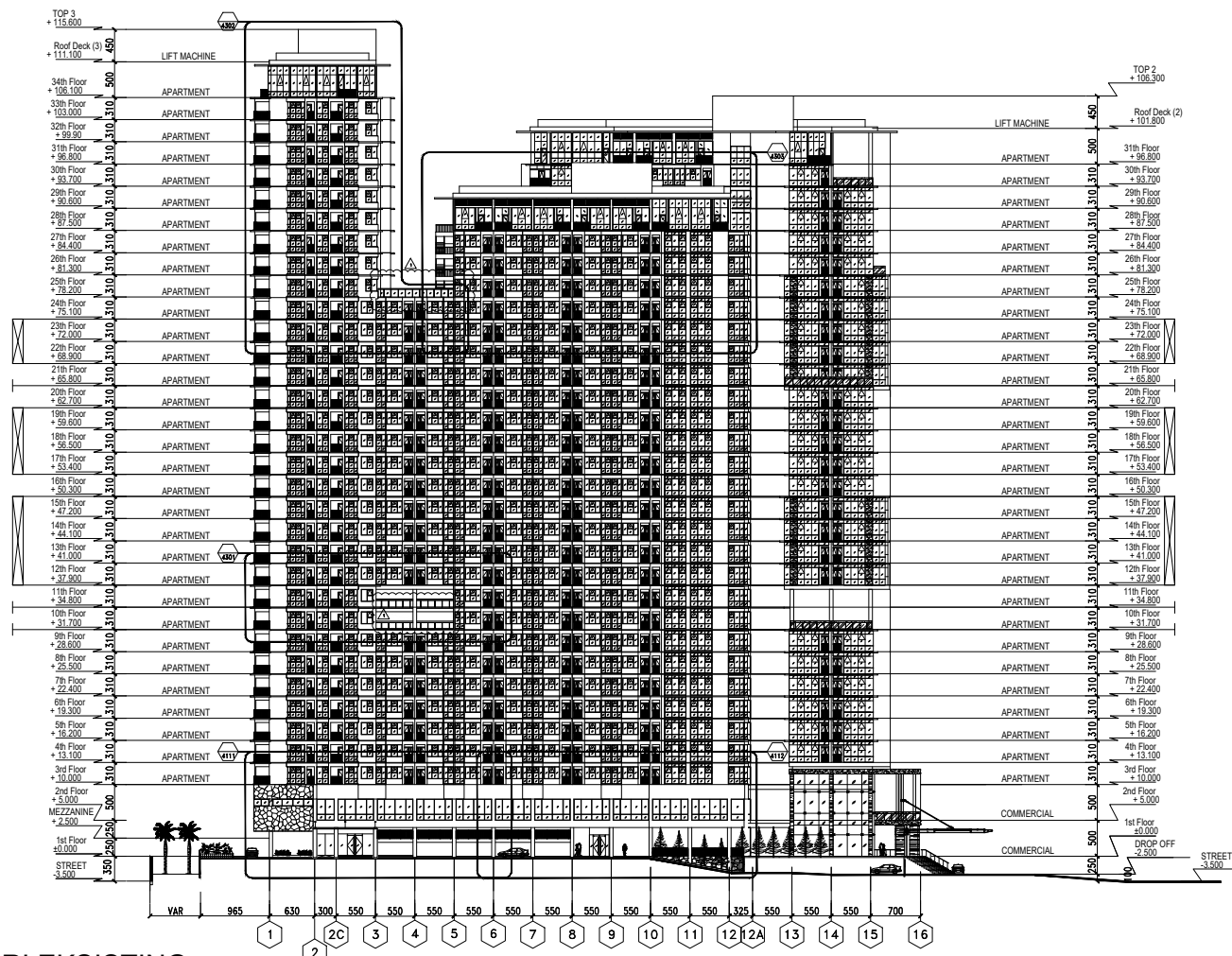
Naufal Muhammad Rizky  
Sulitio  
(03111640000012)

JUDUL GAMBAR

Tampak Depan Eksisting  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR

4 / 63



TAMPAK KIRI EKSIKSTING

SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

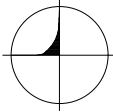
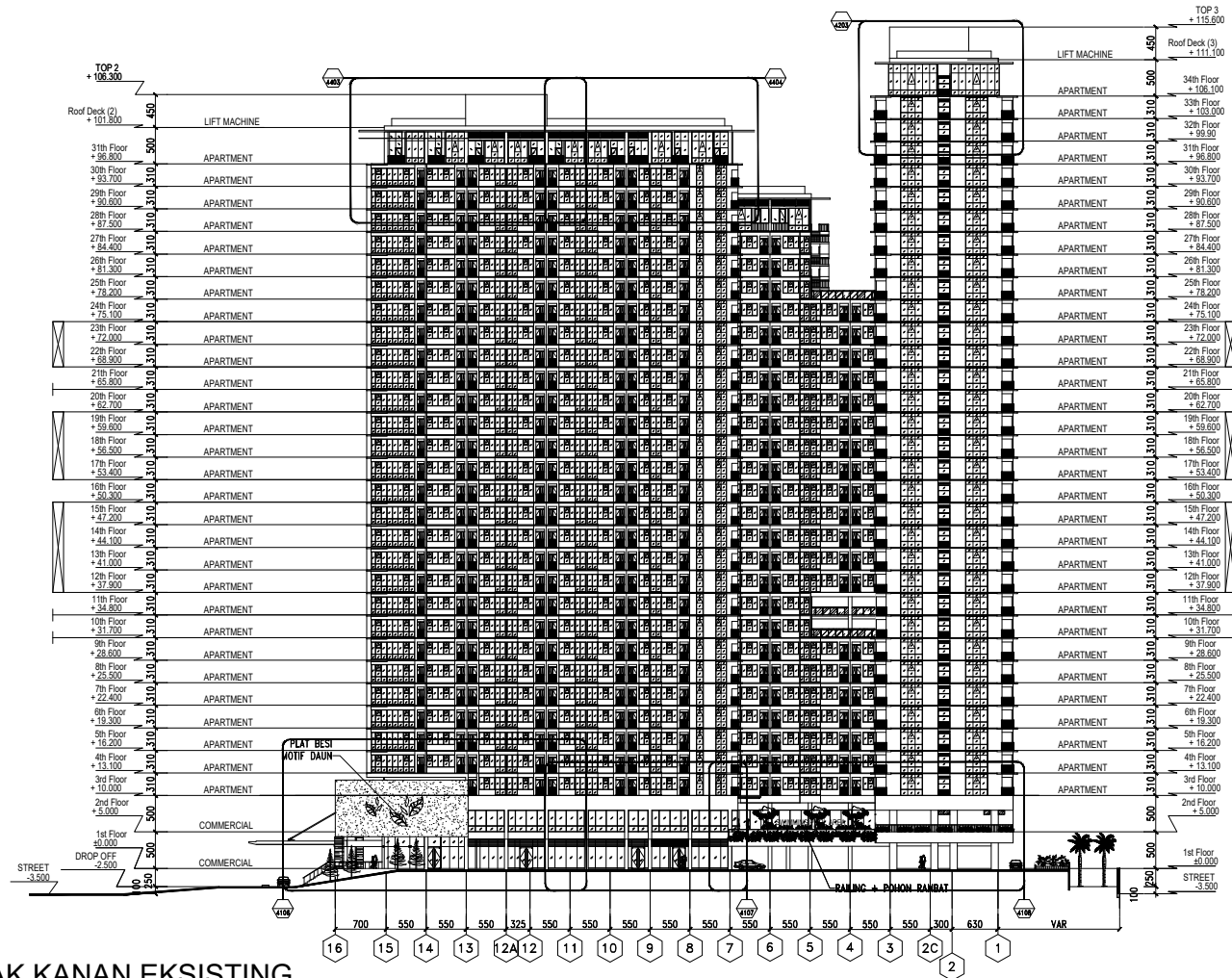
Naufal Muhammad Rizky  
Sulitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Tampak Kiri Eksistng  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR

5 / 63



TAMPAK KANAN EKSISTING  
SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

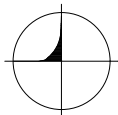
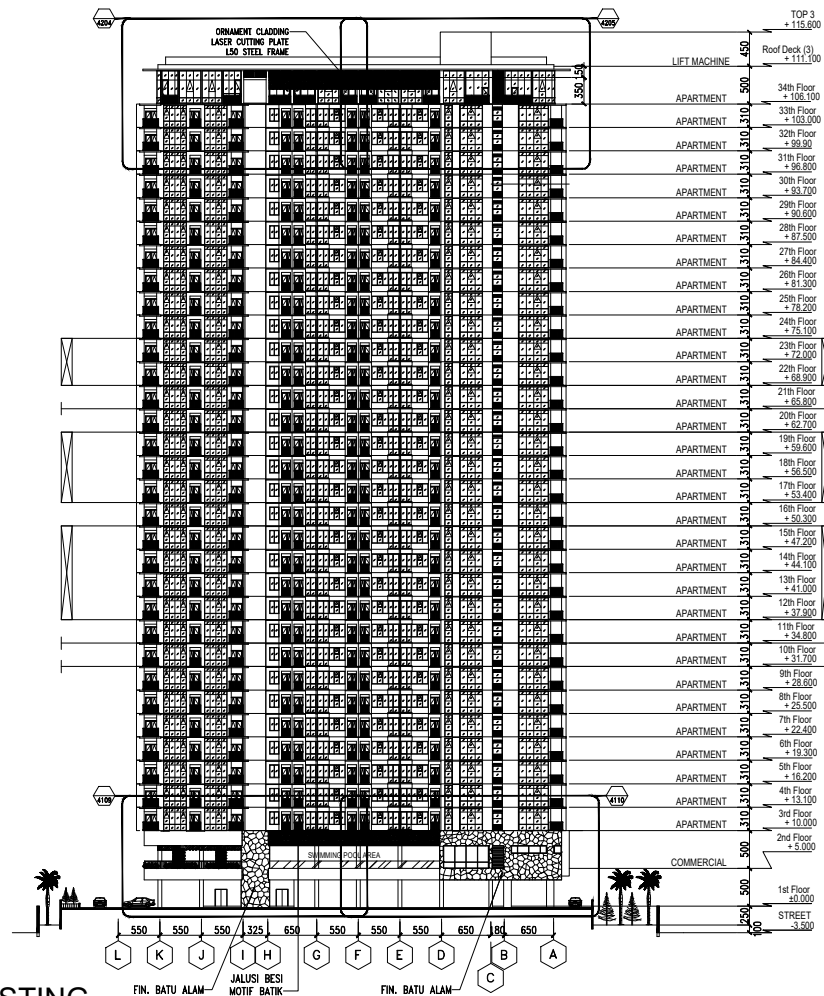
JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA  
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(03111640000012)

JUDUL GAMBAR  
Tampak Kanan Eksisting  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR  
6 / 63



TAMPAK BELAKANG EKSISTING

SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

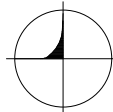
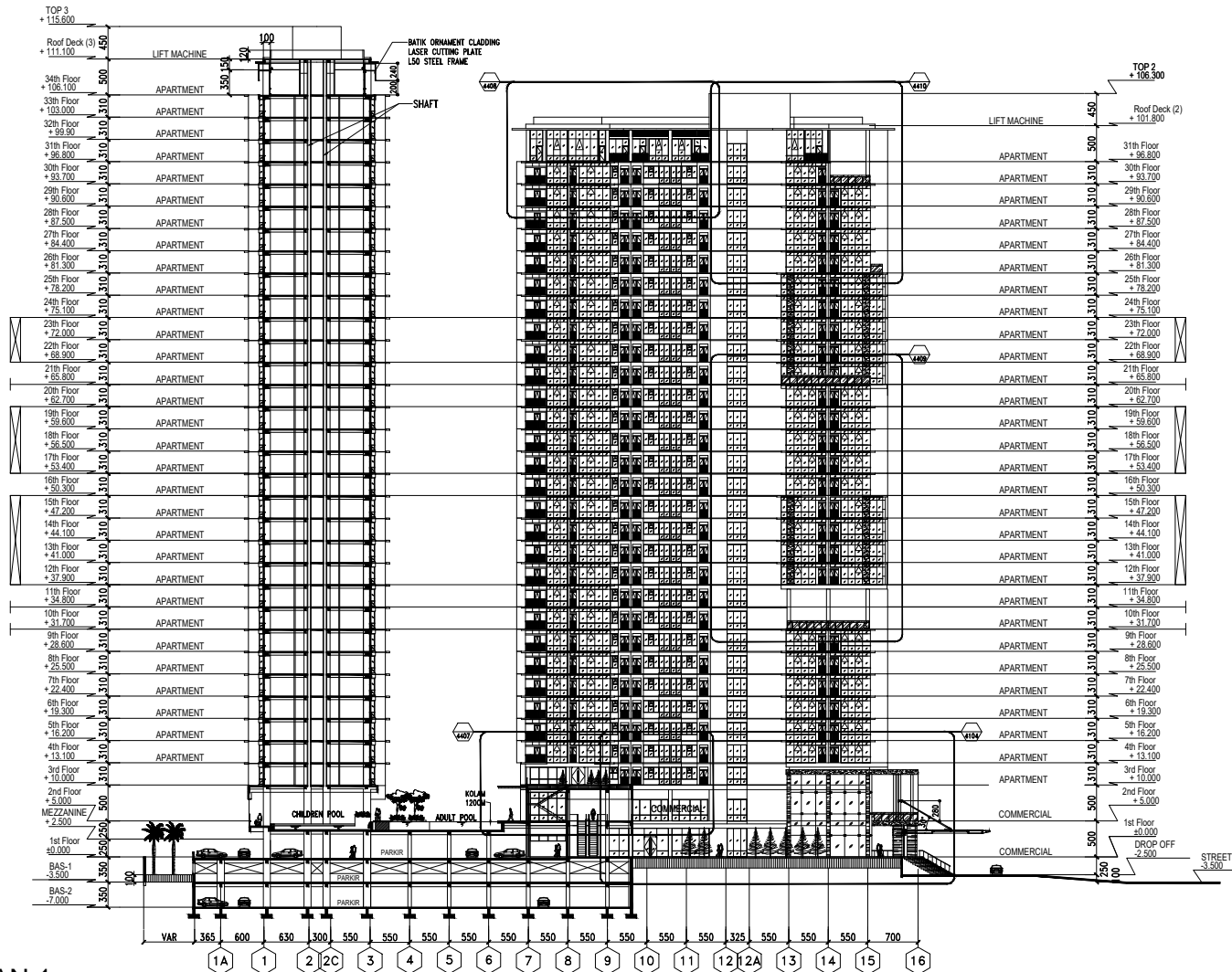
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(03111640000012)

JUDUL GAMBAR

Tampak Belakang Eksisting  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR

7 / 63



POTONGAN 1  
SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

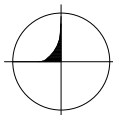
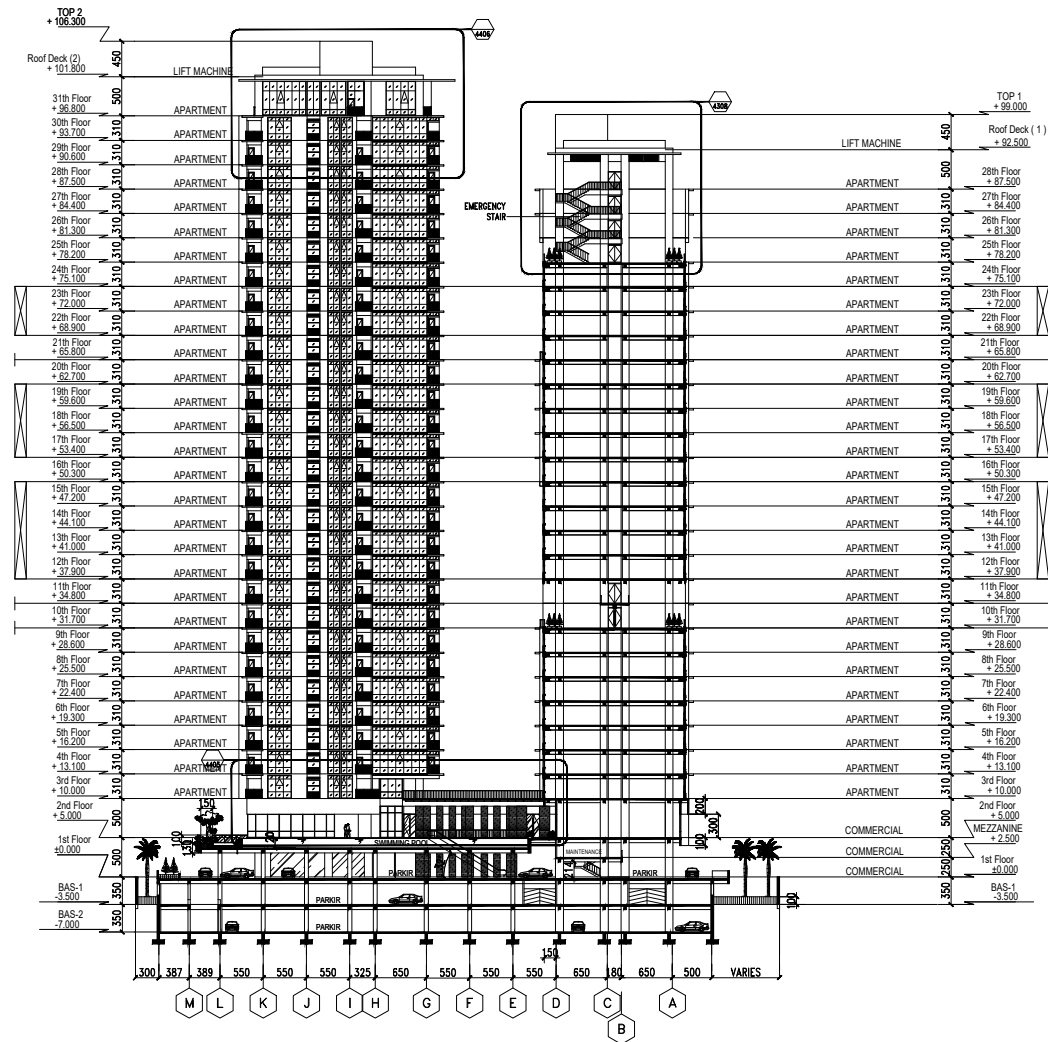
JUDUL GAMBAR

Potongan 1 Eksisting  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR

8 / 63





POTONGAN 2

SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

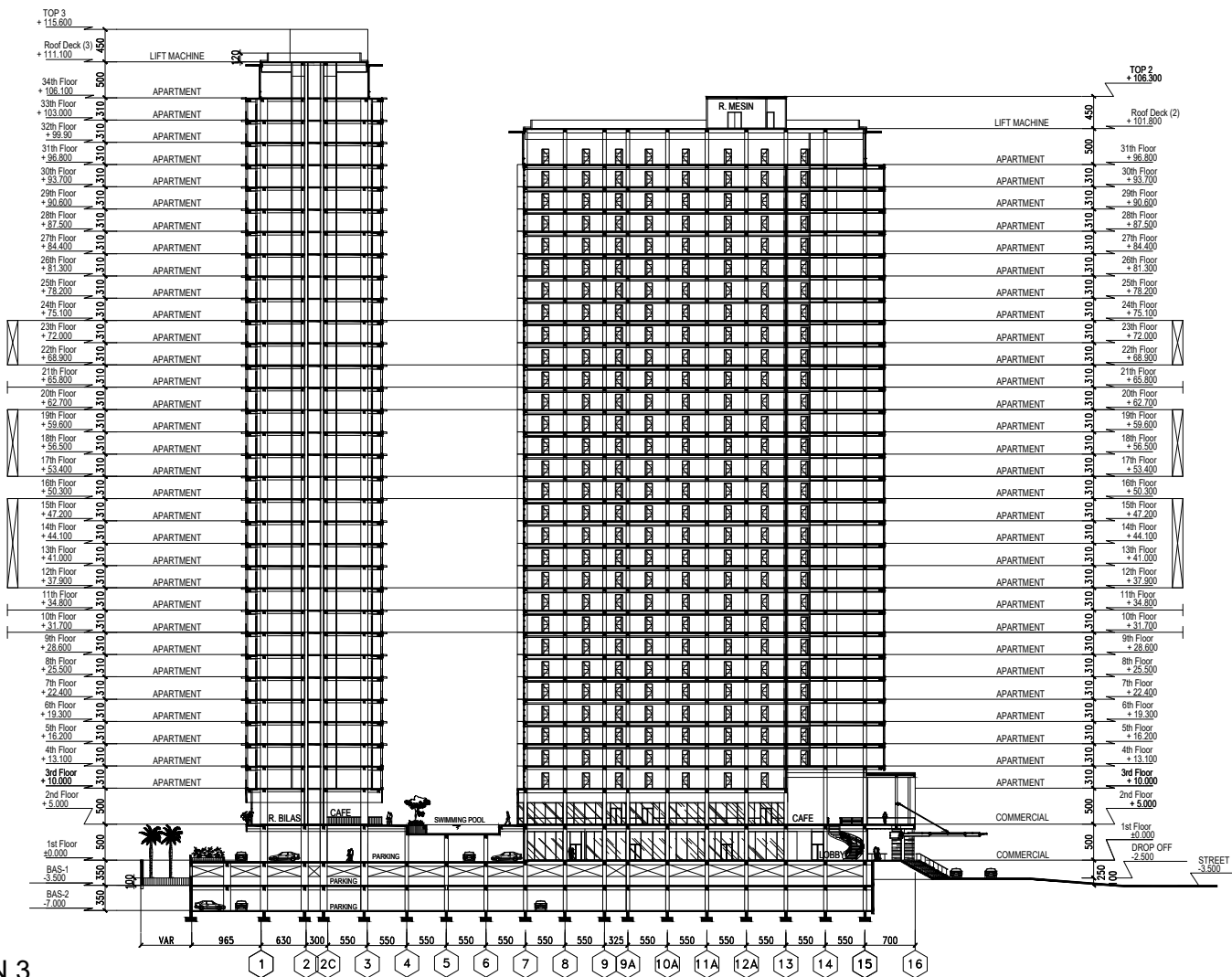
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Potongan 2 Eksisting  
Skala 1 : 1000

**NO. GAMBAR**

9 / 63



POTONGAN 3  
SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

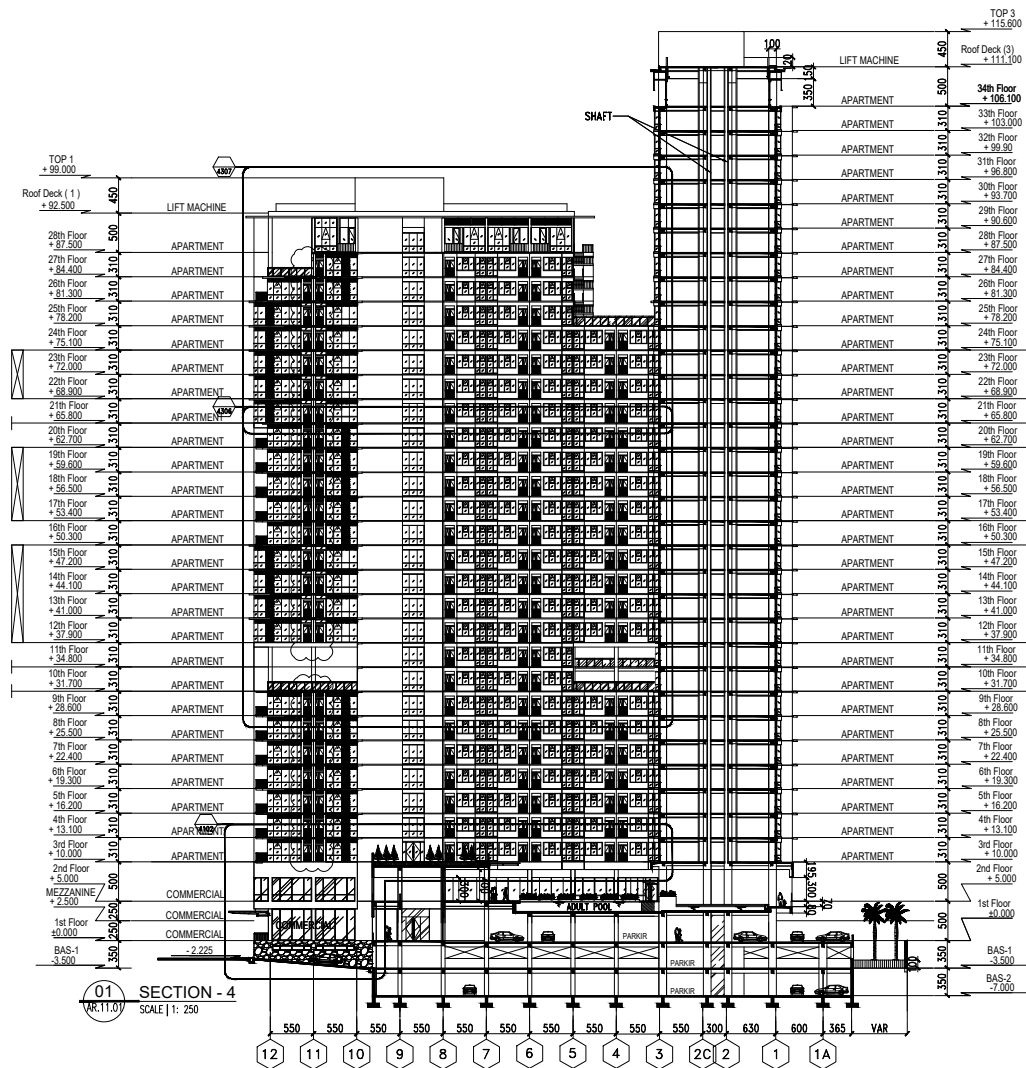
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

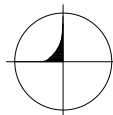
Potongan 3 Eksisting  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR

10 / 63



01 SECTION - 4  
SKALA 1 : 250



POTONGAN 4

SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

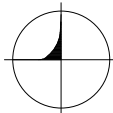
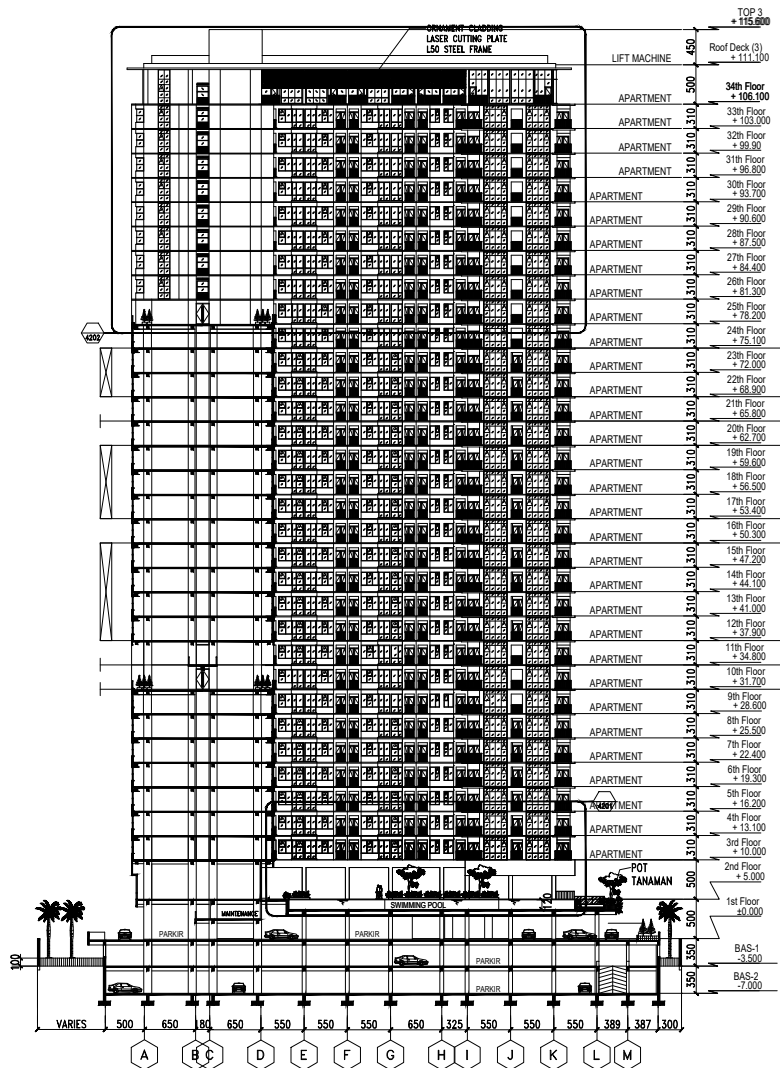
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Potongan 4 Eksisting  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR

11 / 63



POTONGAN 5

SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

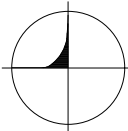
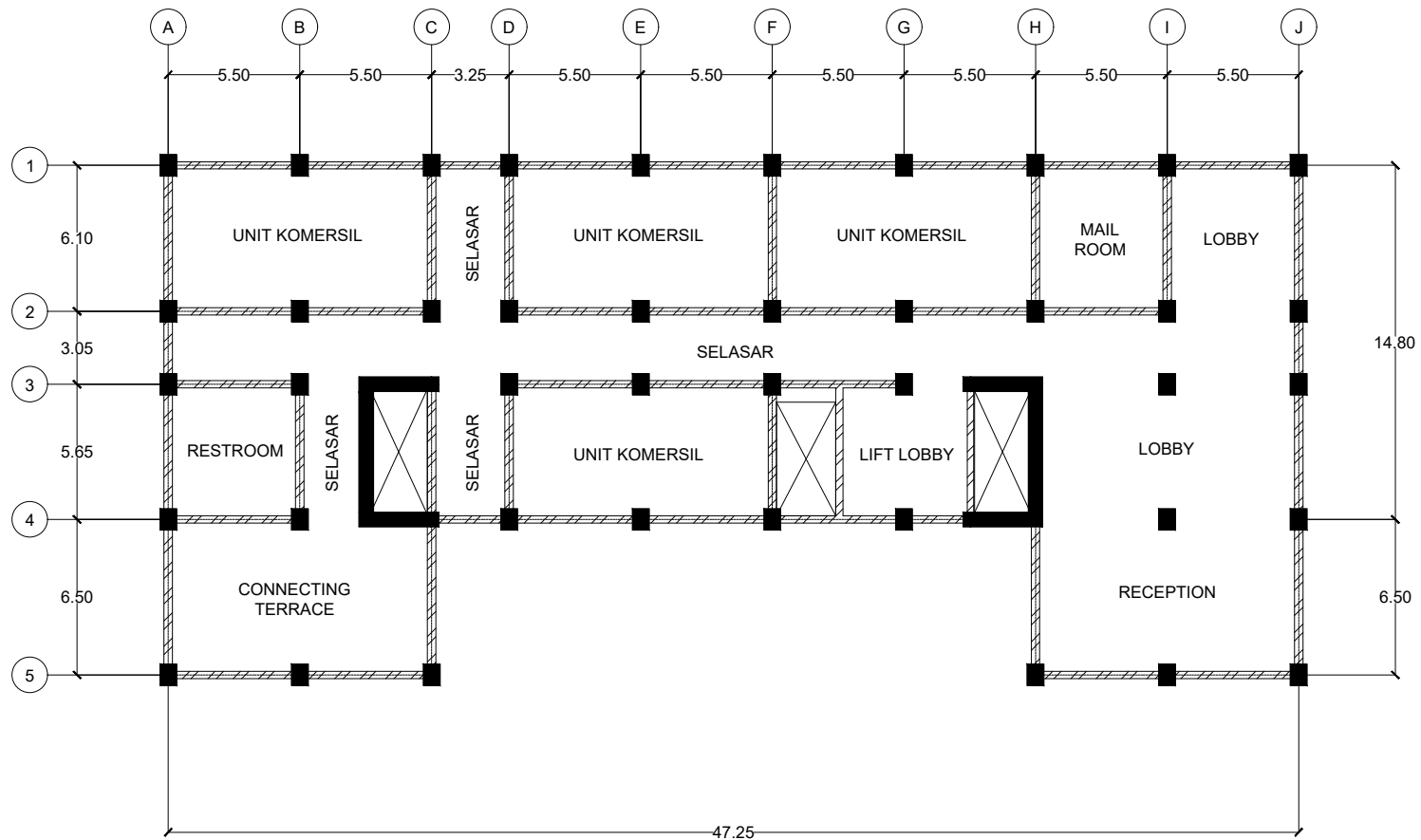
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Potongan 5 Eksisting  
Skala 1 : 1000

NO. GAMBAR

12 / 63



DENAH LOBBY

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

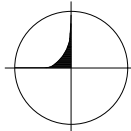
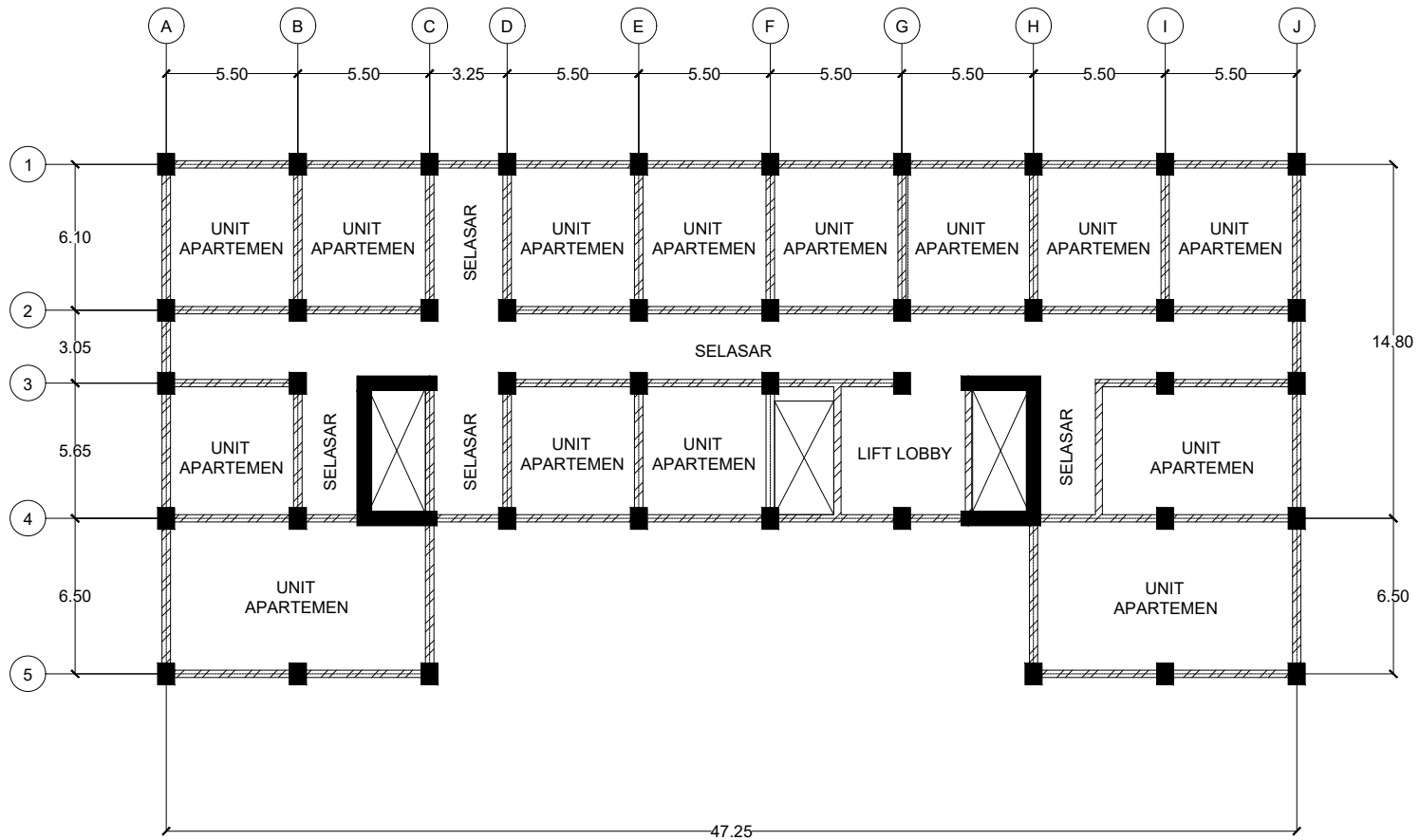
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Denah Lobby  
Skala 1: 300

NO. GAMBAR

13 / 63



DENAH LANTAI HUNI

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

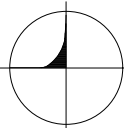
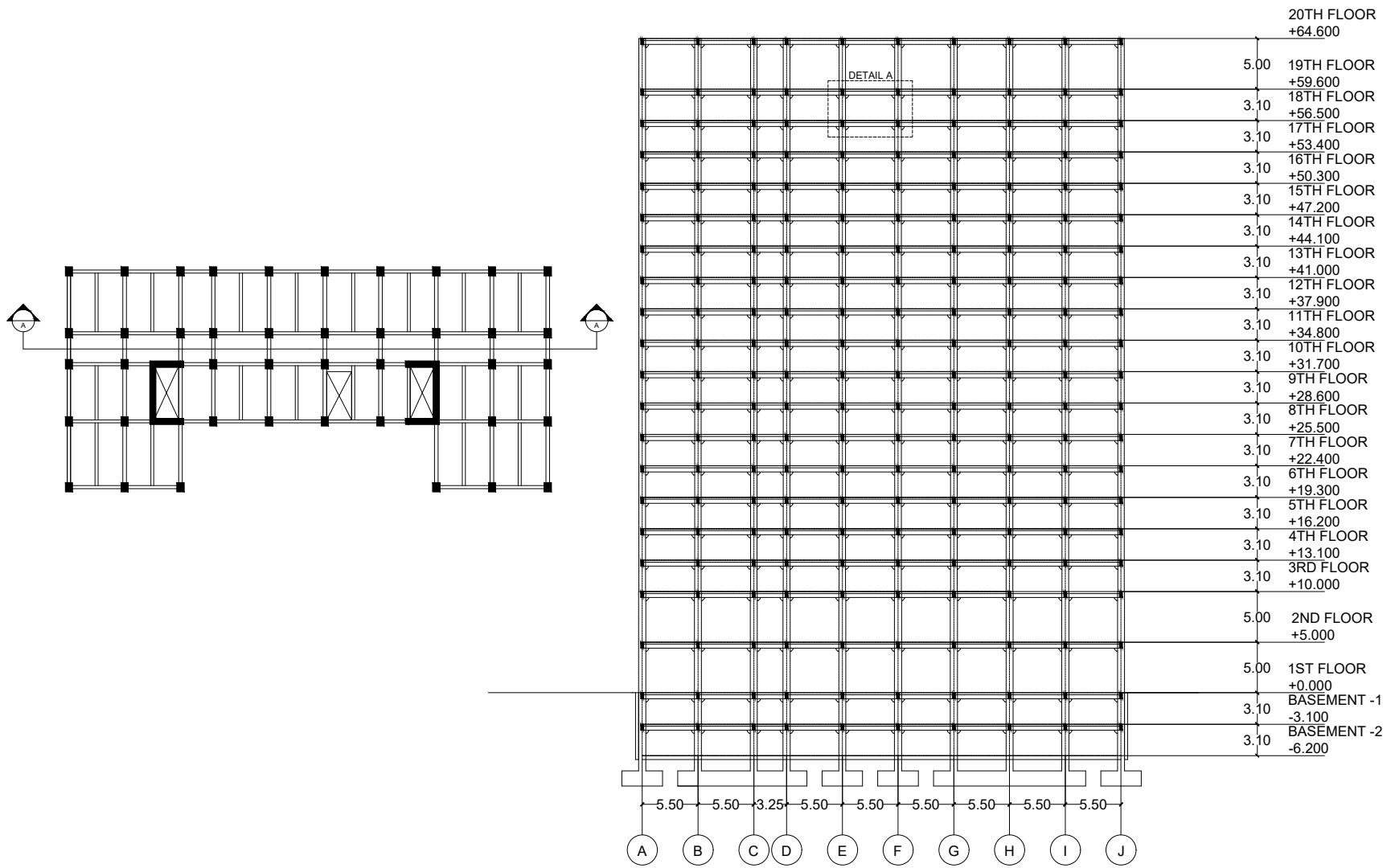
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Denah Lantai Huni  
Skala 1: 300

NO. GAMBAR

14 / 63



POTONGAN A  
SKALA 1 : 600



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

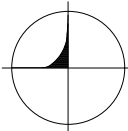
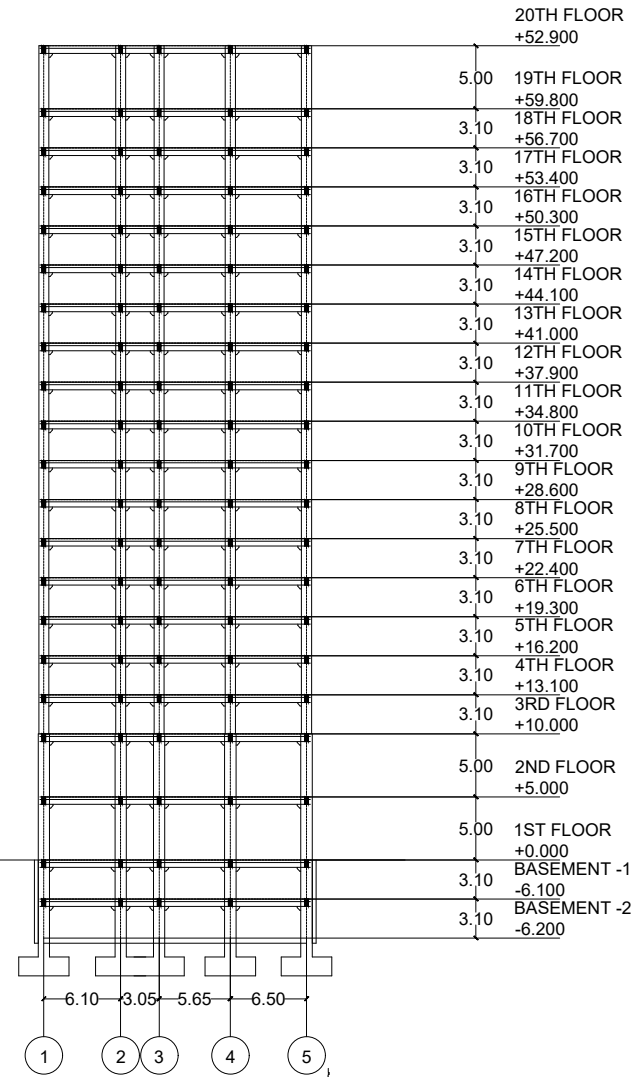
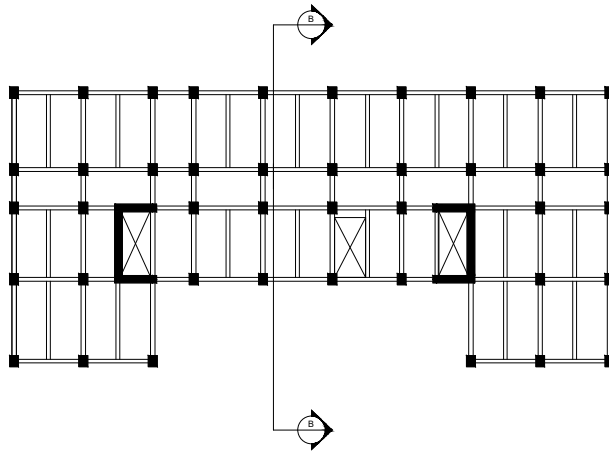
JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA  
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR  
Potongan A-A  
Skala 1: 600

NO. GAMBAR  
15 / 63



POTONGAN B

SKALA 1 : 600



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

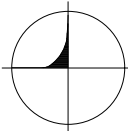
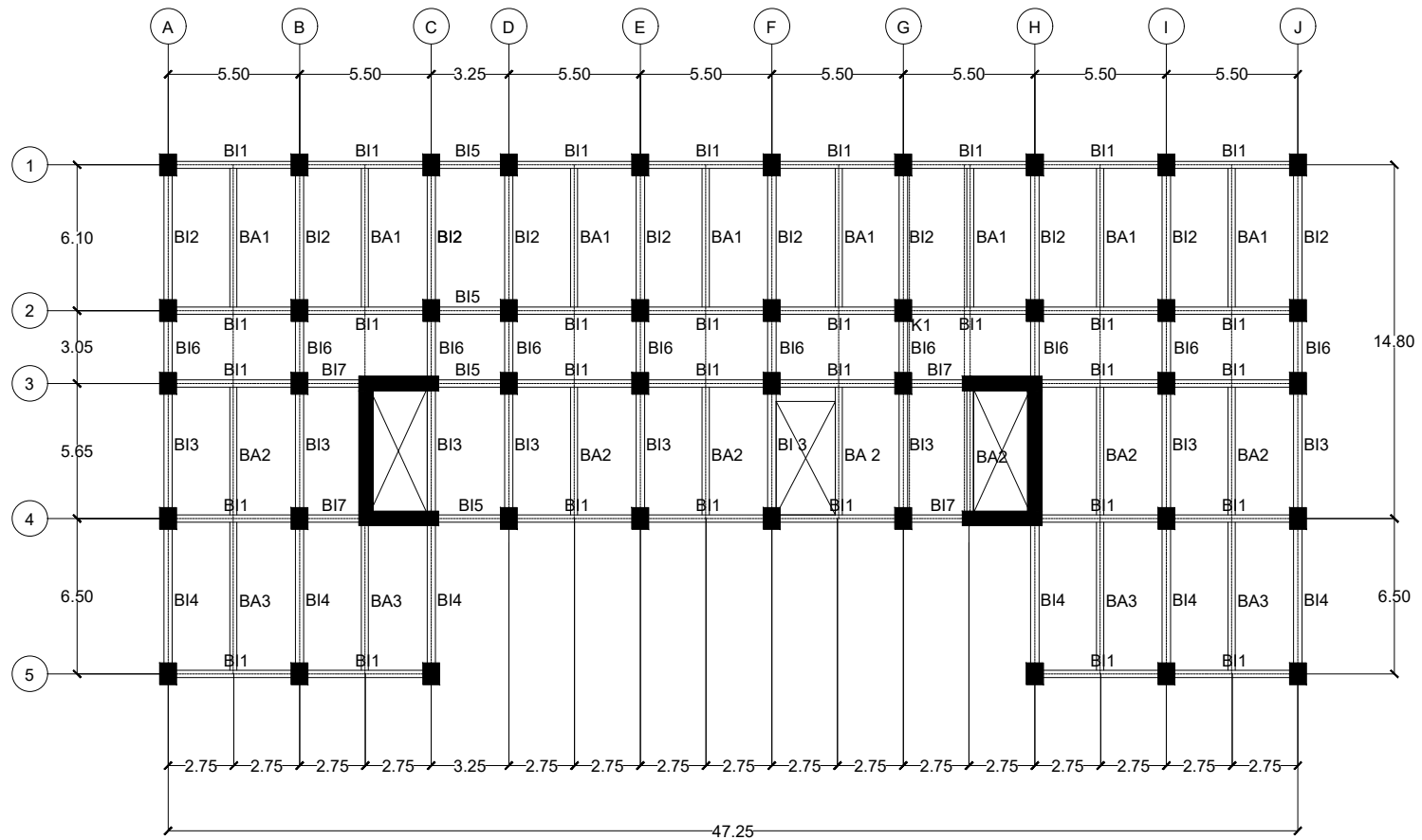
DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA  
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR  
Potongan B-B  
Skala 1: 600

NO. GAMBAR  
16 / 63





DENAH BALOK

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

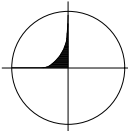
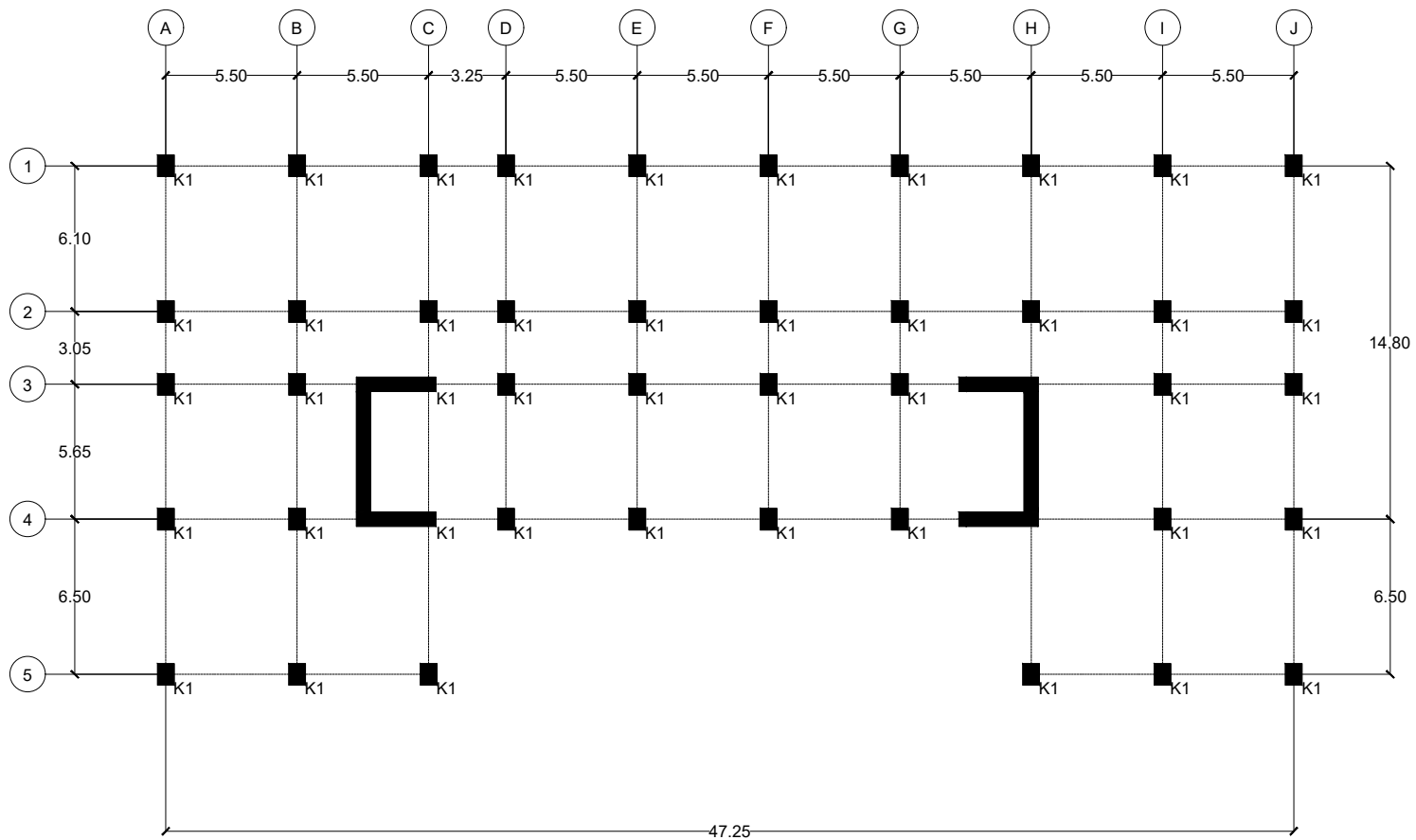
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Denah Balok  
Skala 1: 300

NO. GAMBAR

17 / 63



### DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

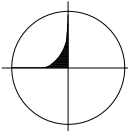
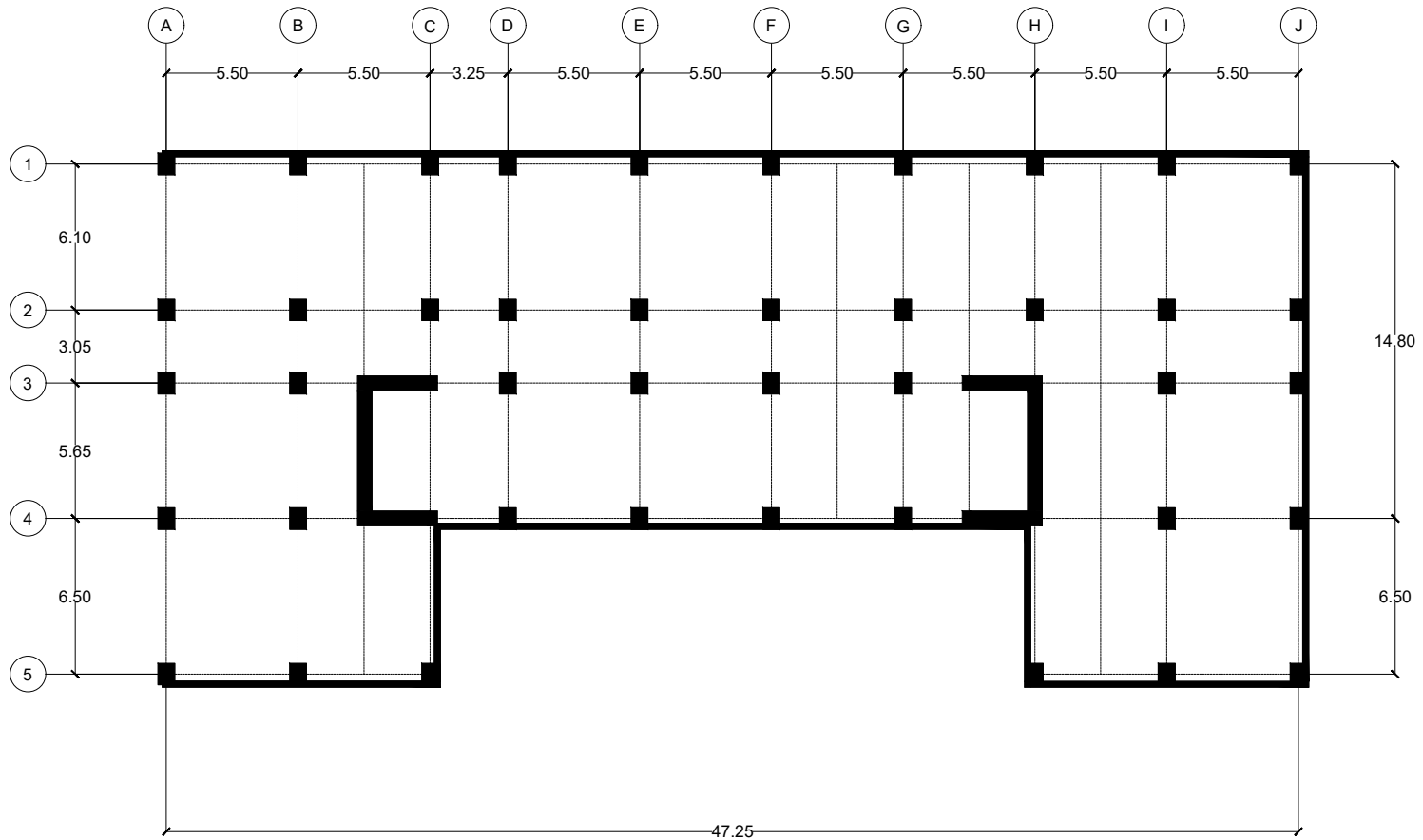
JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA  
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR  
Denah Kolom dan Shear Wall  
Skala 1: 300

NO. GAMBAR  
18 / 63



**DENAH DINDING BASEMENT**

**SKALA 1 : 300**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

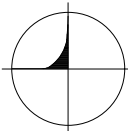
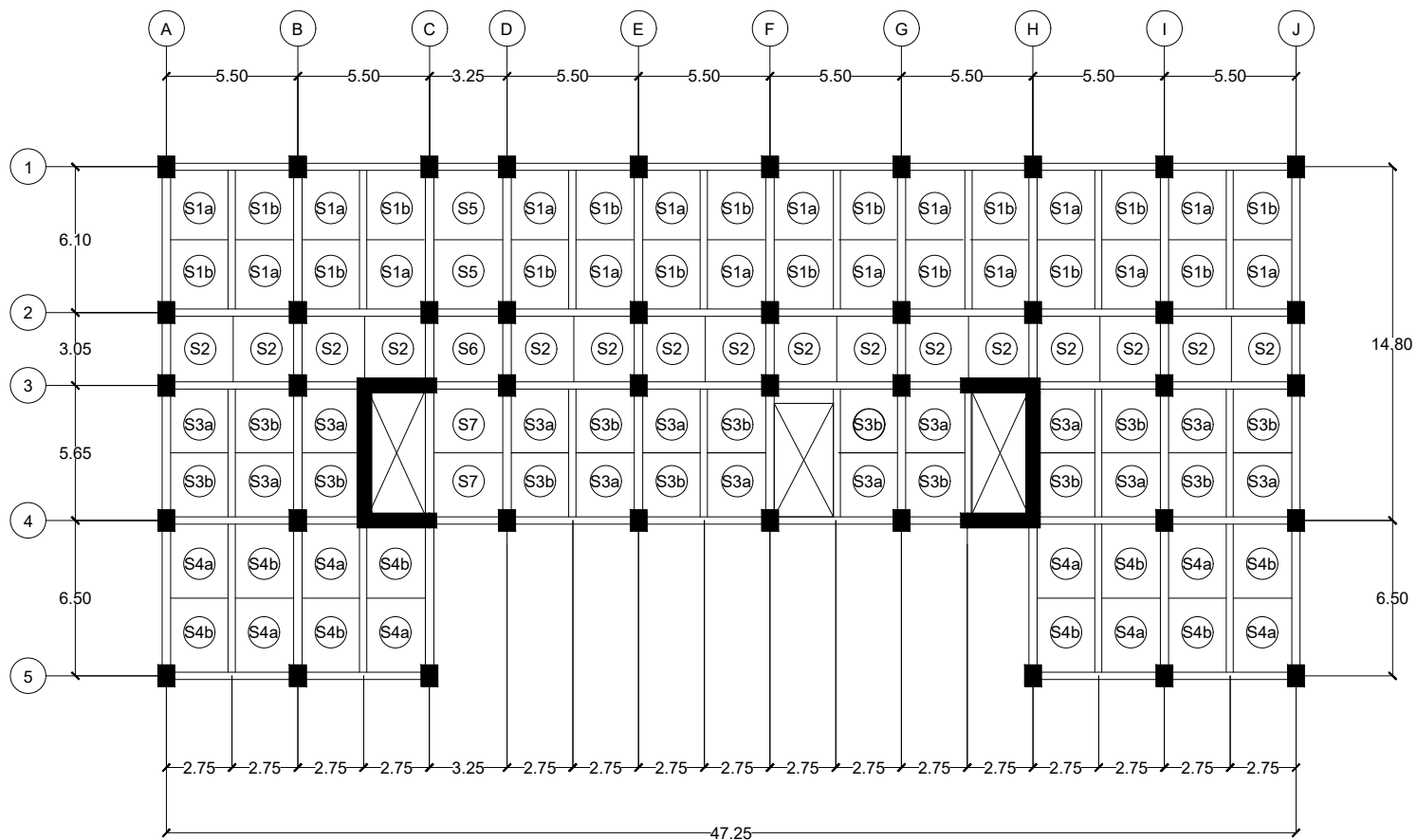
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Denah Dinding Basement  
Skala 1: 300

**NO. GAMBAR**

19 / 63



DENAH PELAT

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

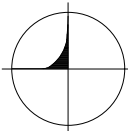
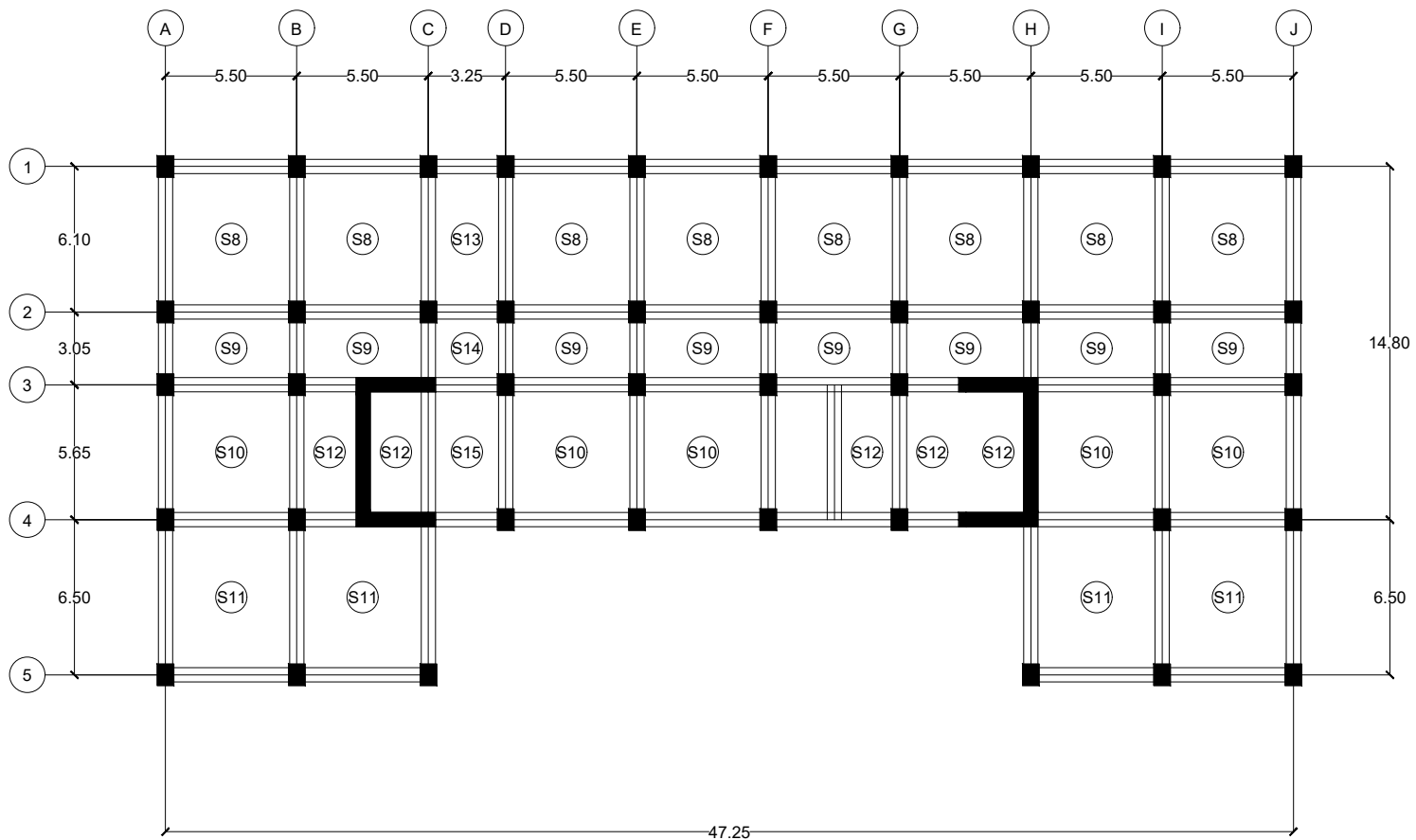
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Denah Pelat Lantai  
Skala 1: 300

NO. GAMBAR

20 / 63



**DENAH PELAT BASEMENT**

**SKALA 1 : 300**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

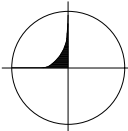
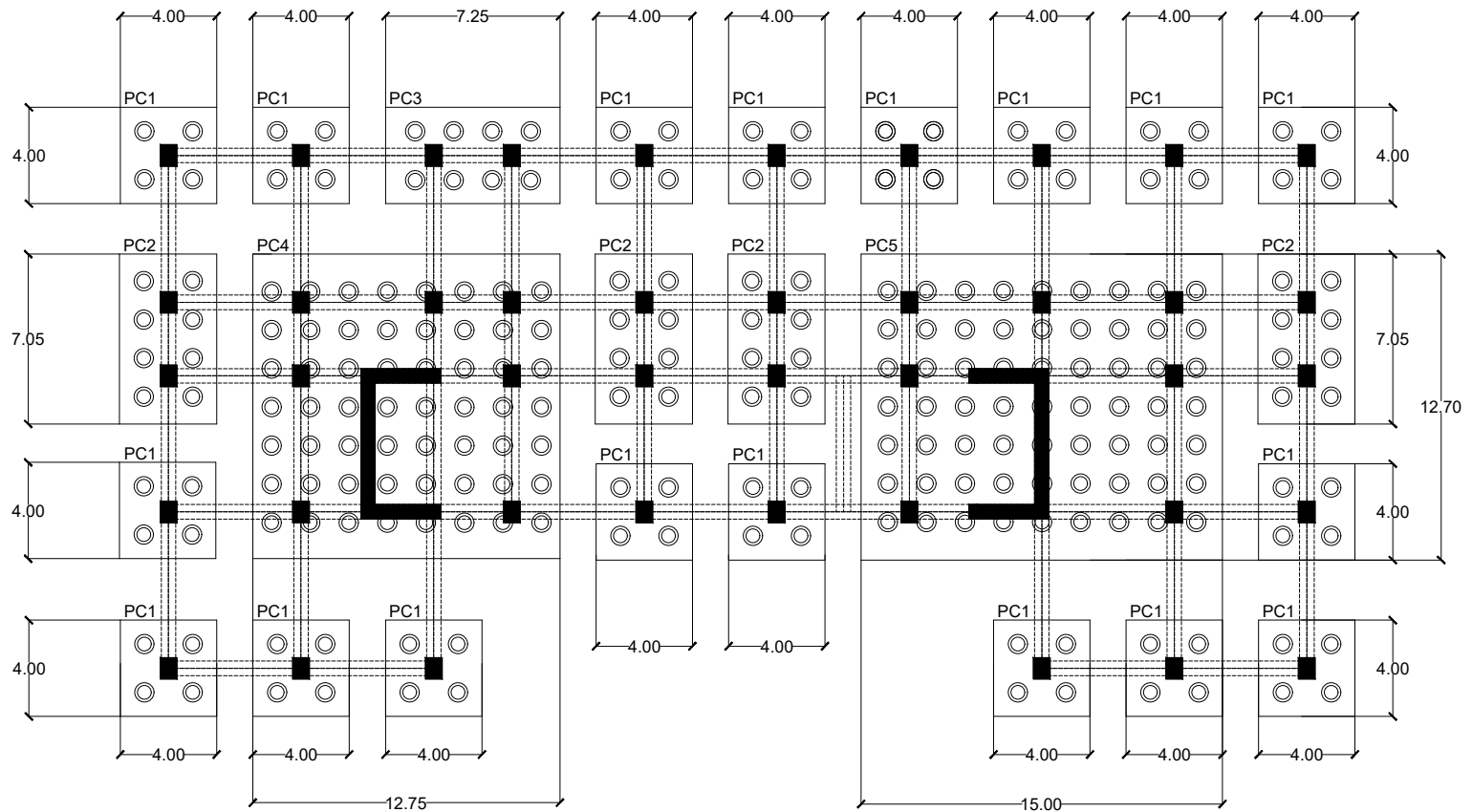
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Denah Pelat Basement  
Skala 1: 300

**NO. GAMBAR**

21 / 63



DENAH PONDASI

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

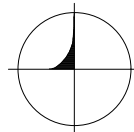
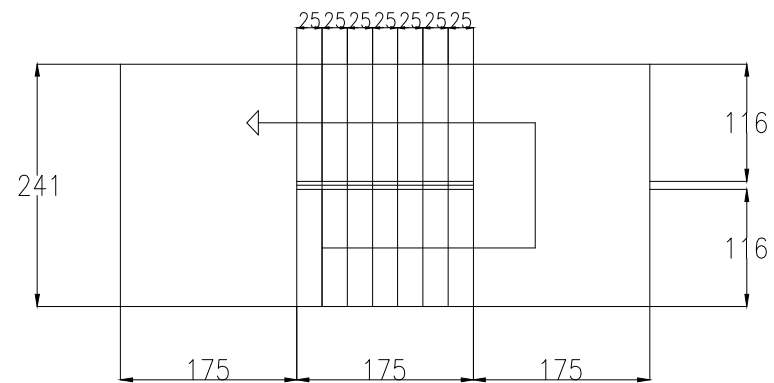
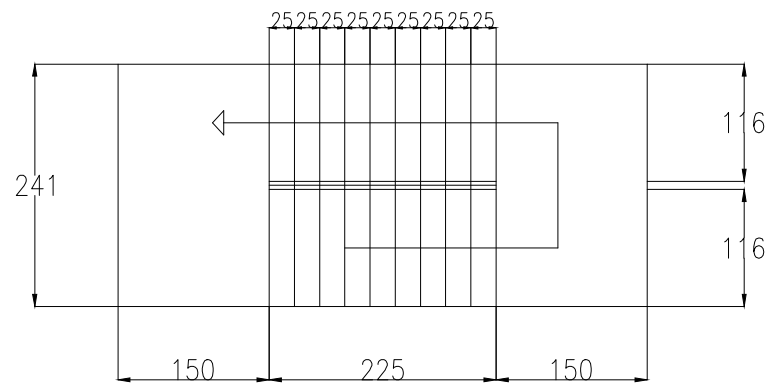
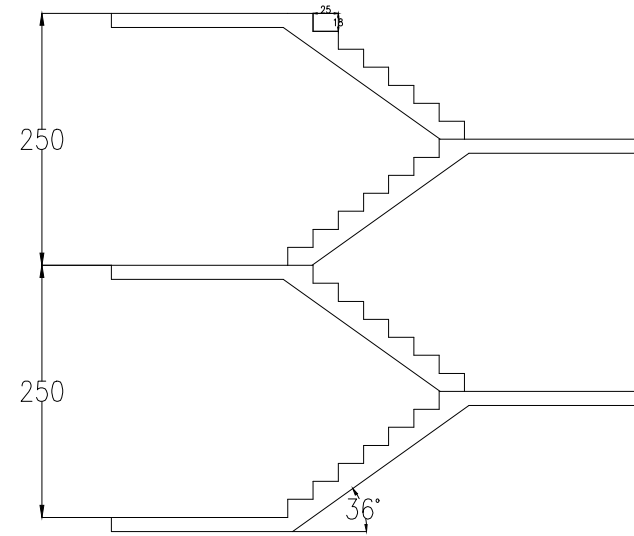
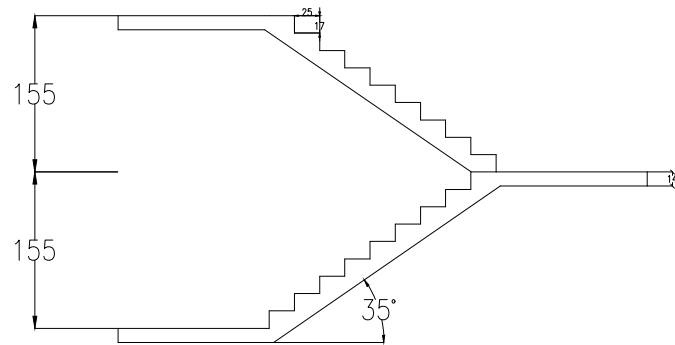
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi  
Skala 1: 300

NO. GAMBAR

22 / 63



MODEL TANGGA

SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

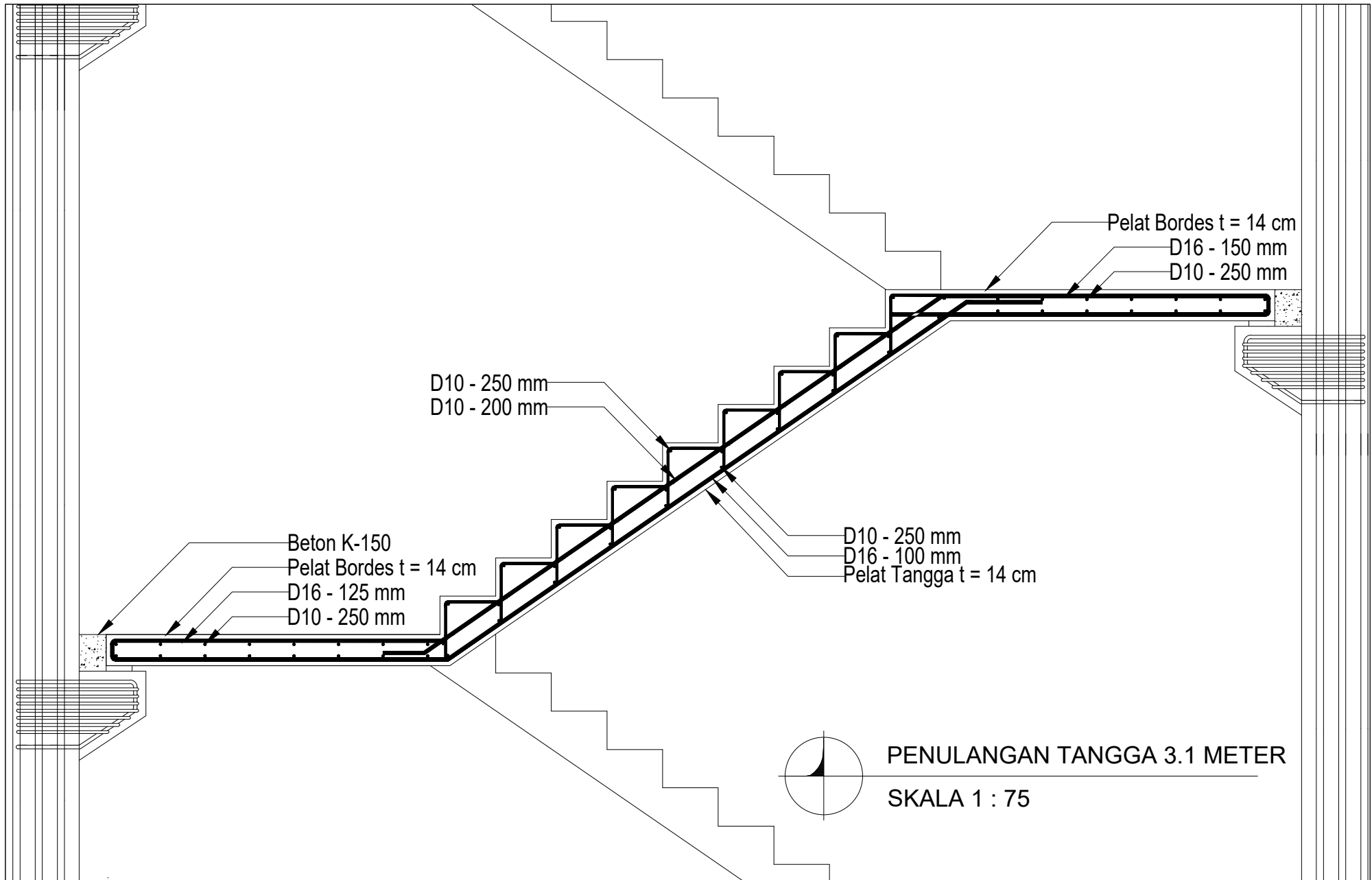
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Model Tangga  
Skala 1: 75

NO. GAMBAR

23 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FTSPK  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
 BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

Naufal Muhammad Rizky  
 Sulisitio  
 (0311164000012)

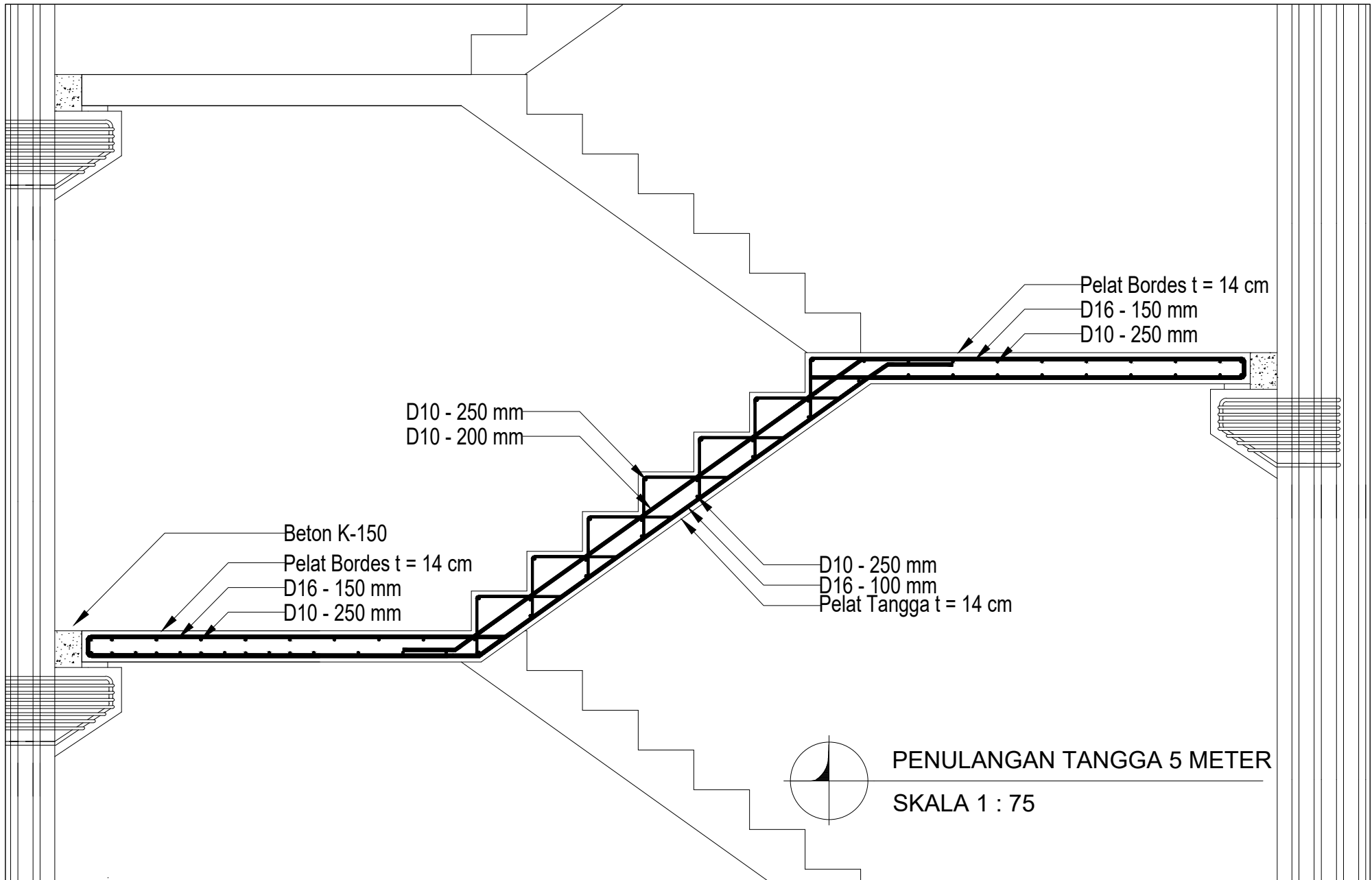
**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Tangga 3.1 Meter  
 Skala 1: 75

**NO. GAMBAR**

24 / 63





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FTSPK  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
 BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

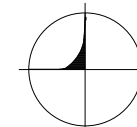
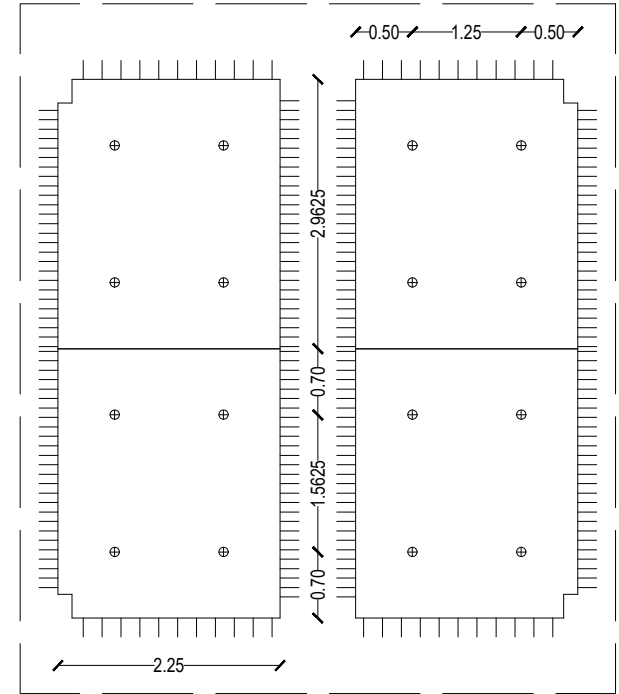
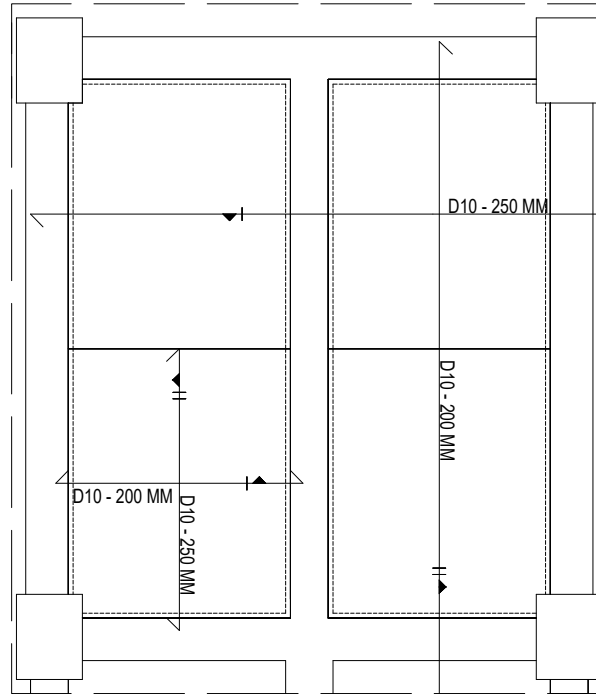
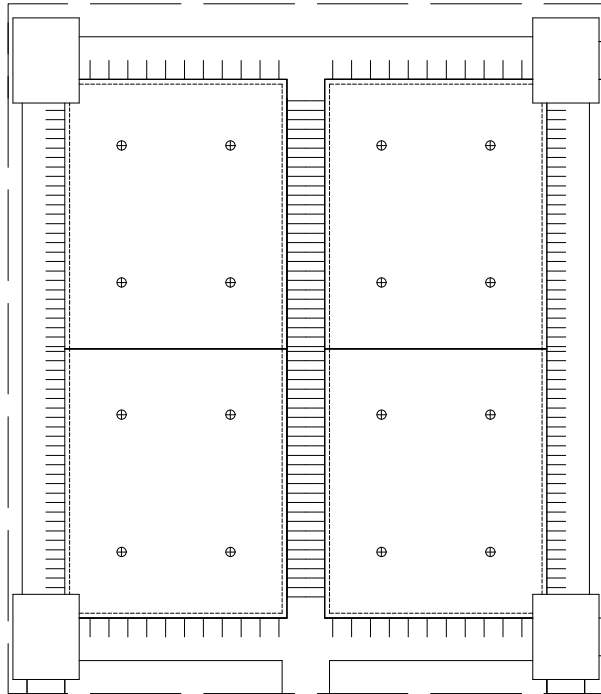
Naufal Muhammad Rizky  
 Sulisitio  
 (0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Tangga 5 Meter  
 Skala 1: 75

**NO. GAMBAR**

25 / 63



DETAIL PELAT S1

SKALA 1 : 80



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

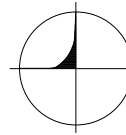
JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA  
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

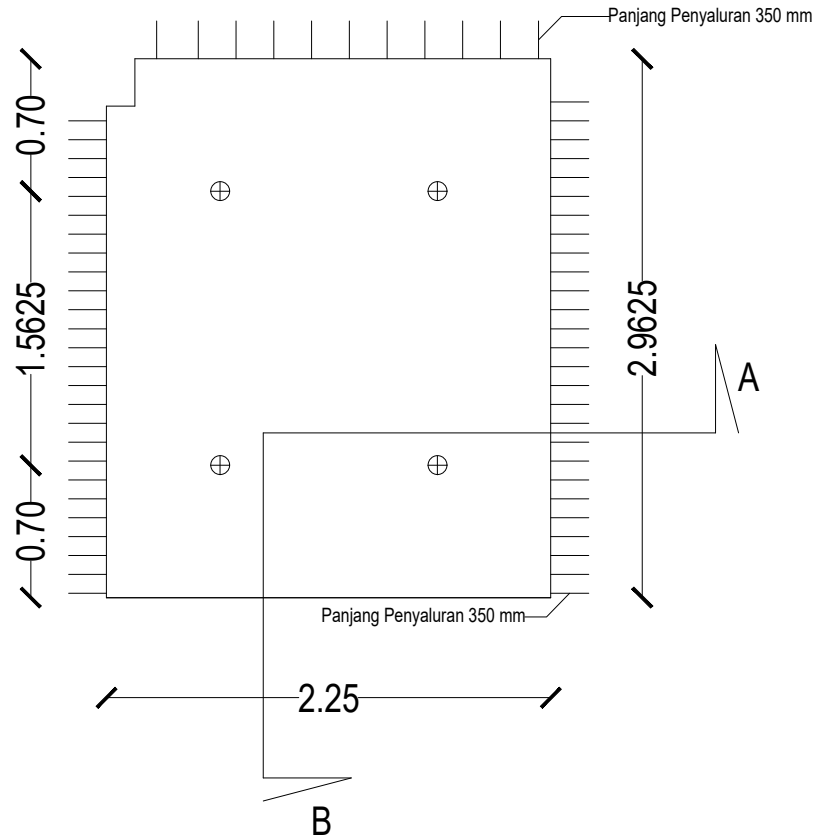
JUDUL GAMBAR  
Detail Pelat S1  
Skala 1: 80

NO. GAMBAR  
26 / 63

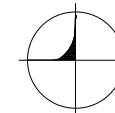
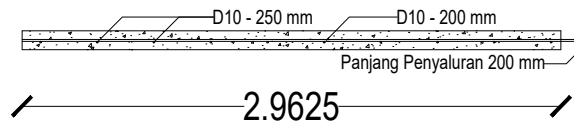


# DETAIL PELAT PRACETAK

SKALA 1 : 40

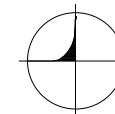
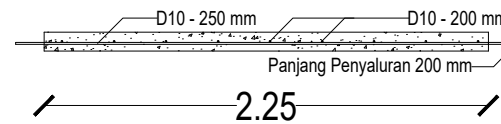


Type	Tebal	Panjang Penyaluran
S1	15 cm	200 mm
S2	15 cm	200 mm
S3	15 cm	200 mm
S4	15 cm	200 mm
S5	15 cm	200 mm
S6	15 cm	200 mm
S7	15 cm	200 mm



POTONGAN A

SKALA 1 : 40



POTONGAN B

SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

## DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

## MAHASISWA

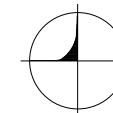
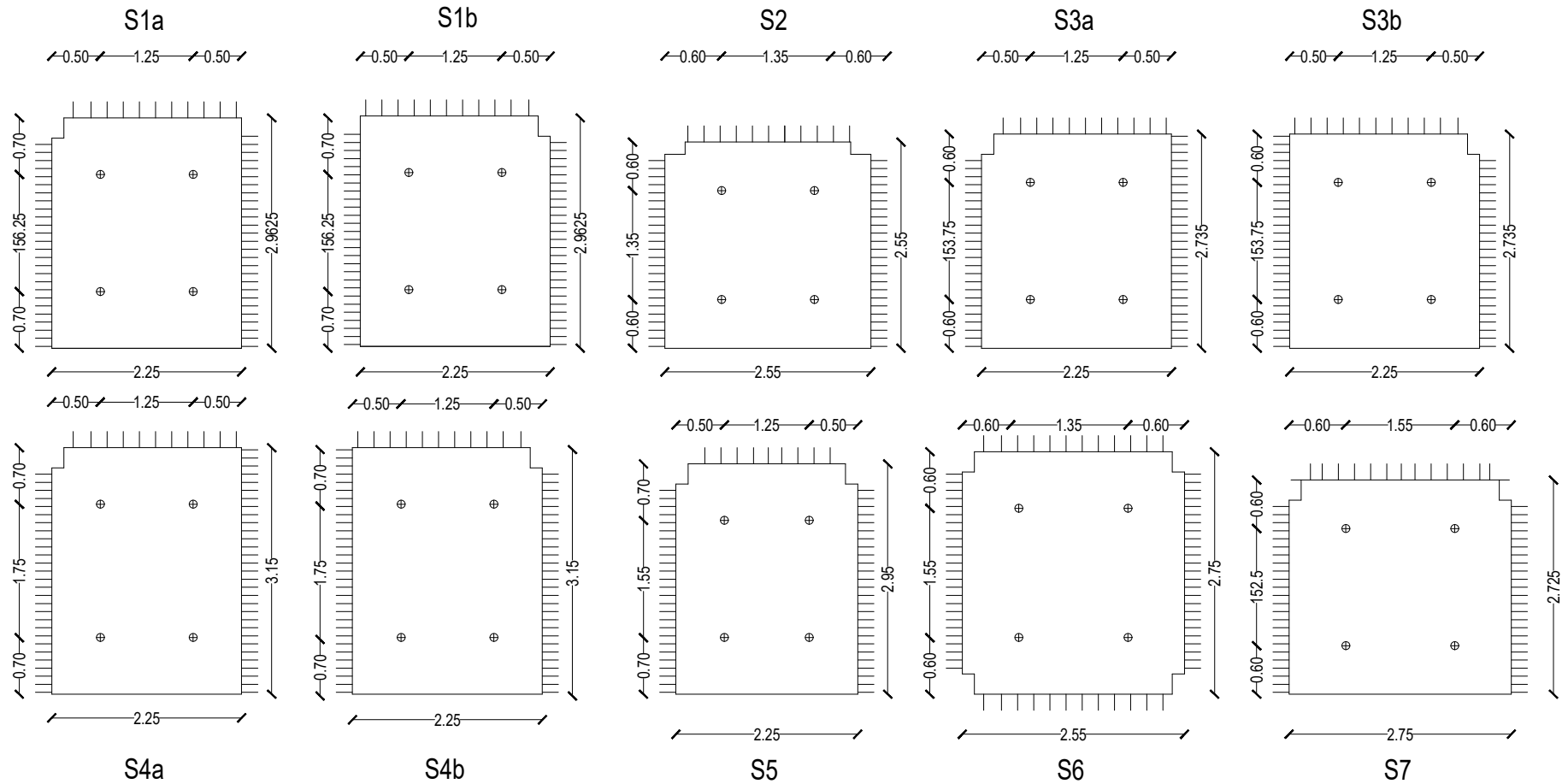
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

## JUDUL GAMBAR

Detail Pelat Pracetak  
Skala 1 : 40

## NO. GAMBAR

27 / 63



ELEMEN PELAT PRACETAK

SKALA 1 : 80



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

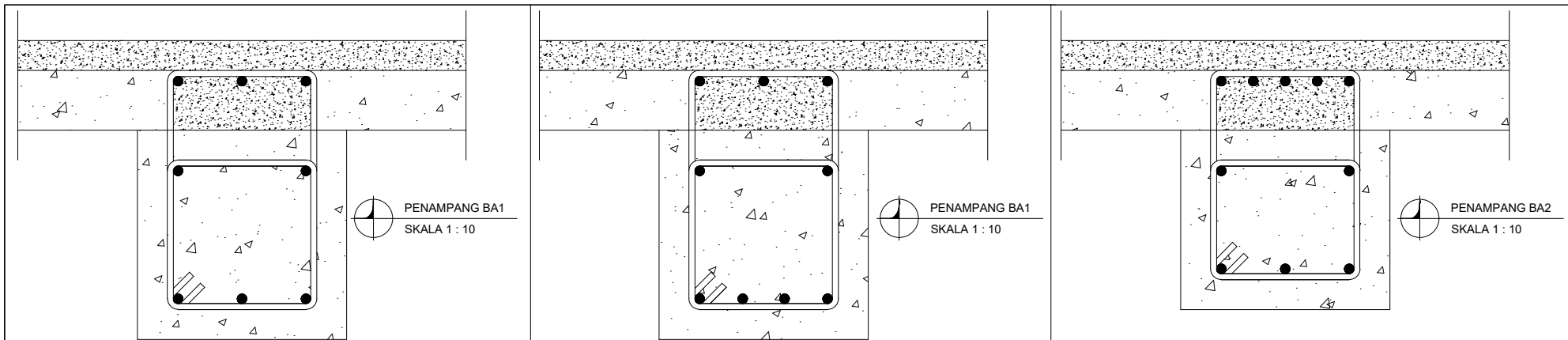
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

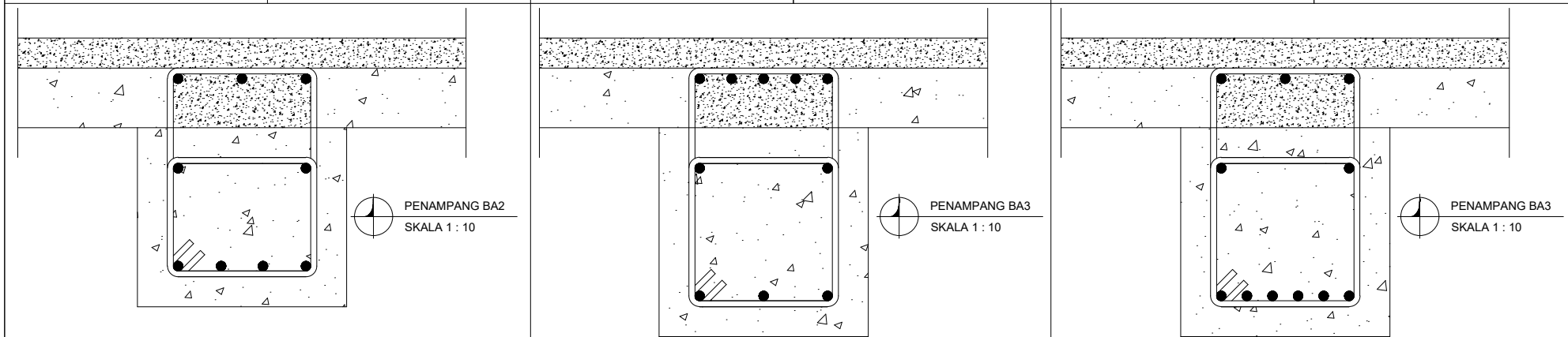
Elemen Pelat Pracetak  
Skala 1 : 80

NO. GAMBAR

28 / 63



TIPE BALOK	BA 1 (LANTAI DAN ATAP)	TIPE BALOK	BA 1 (LANTAI DAN ATAP)	TIPE BALOK	BA 2 (LANTAI DAN ATAP)
POSISI	TUMPUAN	POSISI	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN
DIMENSI	350 mm x 500 mm	DIMENSI	350 mm x 500 mm	DIMENSI	350 mm x 450 mm
TULANGAN ATAS	3 D16	TULANGAN ATAS	3 D16	TULANGAN ATAS	5 D16
TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D16	TULANGAN BAWAH	4 D16	TULANGAN BAWAH	3 D16
TULANGAN SENGGANG	2D10 - 200 mm	TULANGAN SENGGANG	2D10 - 200 mm	TULANGAN SENGGANG	2D10 - 175 mm



TIPE BALOK	BA 2 (LANTAI DAN ATAP)	TIPE BALOK	BA 3 (LANTAI DAN ATAP)	TIPE BALOK	BA 3 (LANTAI DAN ATAP)
POSISI	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	POSISI	LAPANGAN
DIMENSI	350 mm x 450 mm	DIMENSI	350 mm x 500 mm	DIMENSI	350 mm x 500 mm
TULANGAN ATAS	3 D16	TULANGAN ATAS	5 D16	TULANGAN ATAS	3 D16
TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D16	TULANGAN BAWAH	3 D16	TULANGAN BAWAH	4 D16
TULANGAN SENGGANG	2D10 - 175 mm	TULANGAN SENGGANG	2D10 - 200 mm	TULANGAN SENGGANG	2D - 200 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

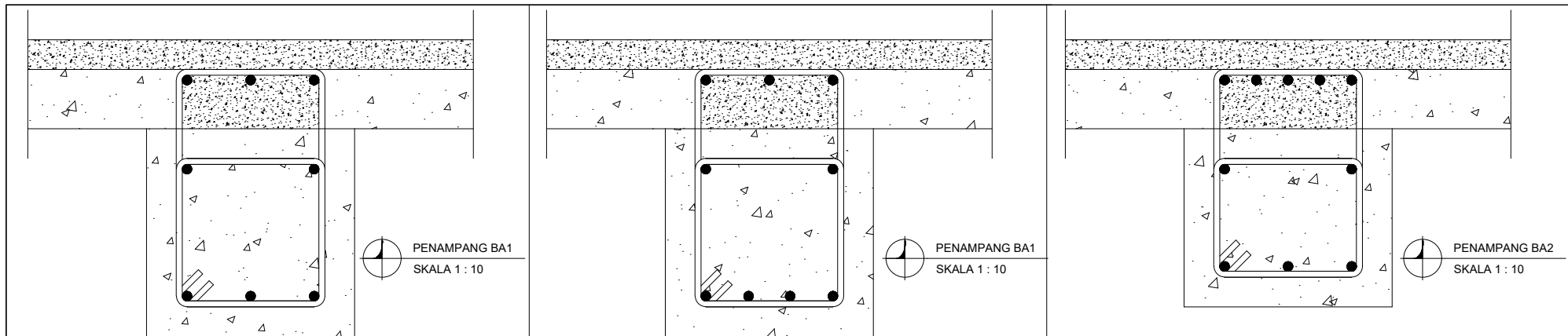
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

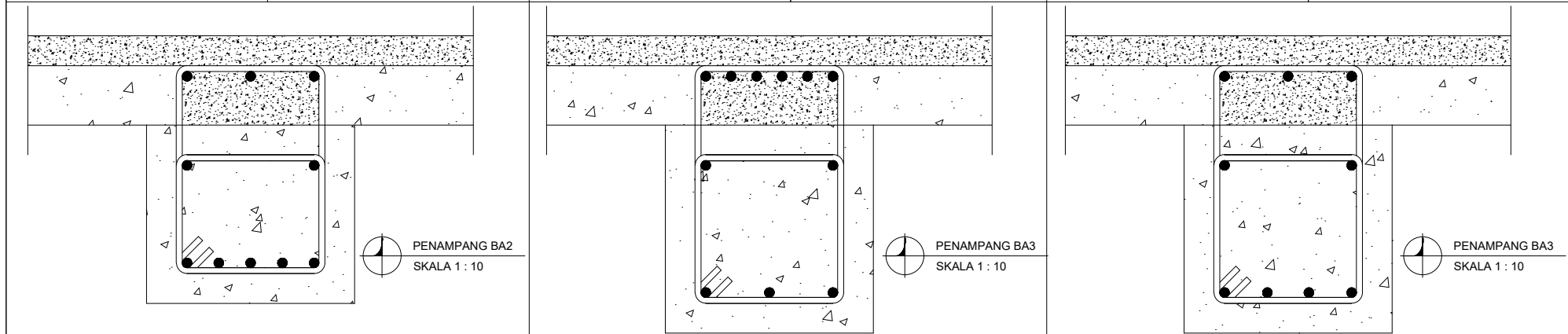
Penulangan Balok Anak  
Skala 1: 10

**NO. GAMBAR**

29 / 63



TIPE BALOK	BA 1 (LOBBY DAN BASEMENT 1)	TIPE BALOK	BA 1 (LOBBY DAN BASEMENT 1)	TIPE BALOK	BA 2 (LOBBY DAN BASEMENT 1)
POSISI	TUMPUAN	POSISI	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN
DIMENSI	350 mm x 500 mm	DIMENSI	350 mm x 500 mm	DIMENSI	350 mm x 450 mm
TULANGAN ATAS	3 D16	TULANGAN ATAS	3 D16	TULANGAN ATAS	5 D16
TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D16	TULANGAN BAWAH	5 D16	TULANGAN BAWAH	3 D16
TULANGAN SENGGANG	2D10 - 200 mm	TULANGAN SENGGANG	2D10 - 200 mm	TULANGAN SENGGANG	2D10 - 175 mm



TIPE BALOK	BA 2 (LOBBY DAN BASEMENT 1)	TIPE BALOK	BA 3 (LOBBY DAN BASEMENT 1)	TIPE BALOK	BA 3 (LOBBY DAN BASEMENT 1)
POSISI	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	POSISI	LAPANGAN
DIMENSI	350 mm x 450 mm	DIMENSI	350 mm x 500 mm	DIMENSI	350 mm x 500 mm
TULANGAN ATAS	3 D16	TULANGAN ATAS	6 D16	TULANGAN ATAS	3 D16
TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16	TULANGAN SAMPING	2 D16
TULANGAN BAWAH	4 D16	TULANGAN BAWAH	3 D16	TULANGAN BAWAH	4 D16
TULANGAN SENGGANG	2D10 - 175 mm	TULANGAN SENGGANG	2D10 - 200 mm	TULANGAN SENGGANG	2D - 200 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

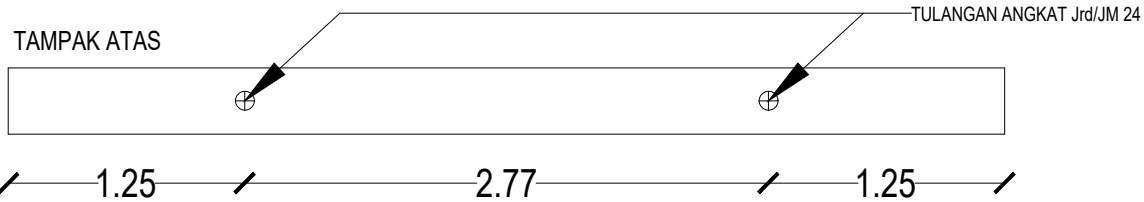
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

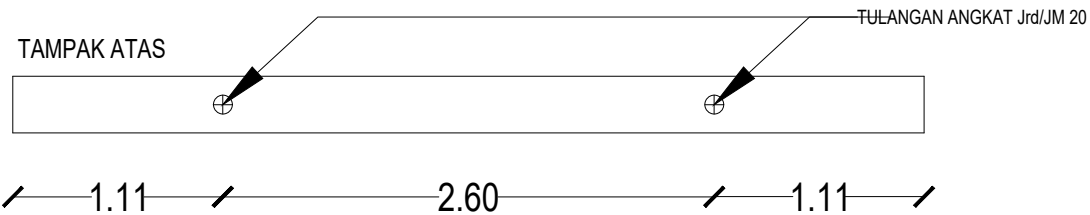
Penulangan Balok Anak  
Skala 1: 10

**NO. GAMBAR**

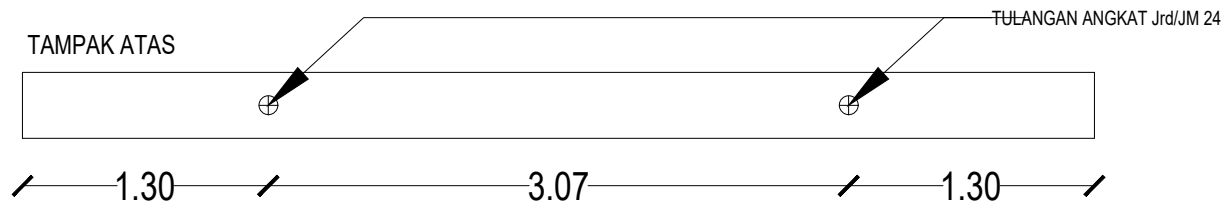
30 / 63



TULANGAN ANGKAT BA 1  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BA 2  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BA 3  
SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

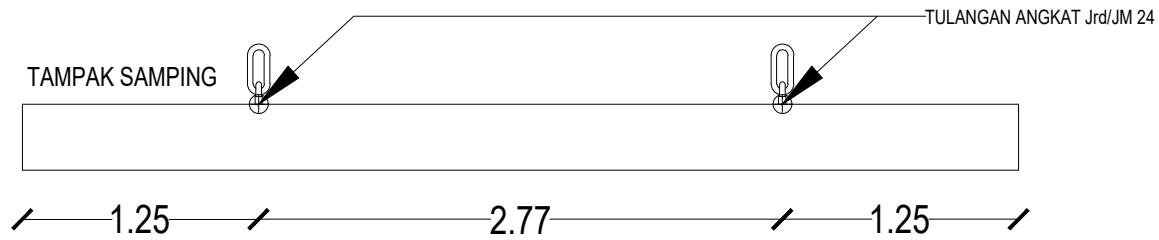
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

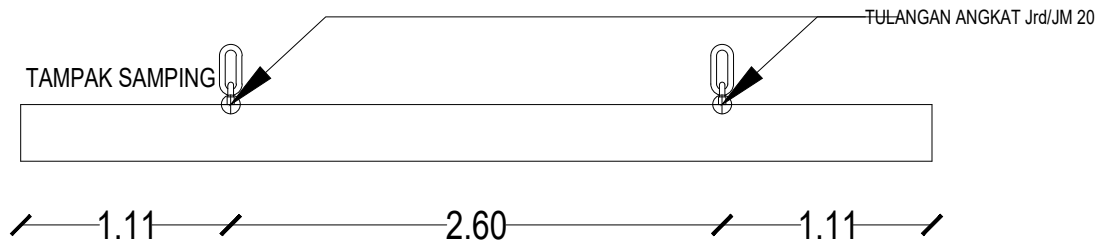
Tulangan Angkat Balok Anak  
Skala 1: 40

NO. GAMBAR

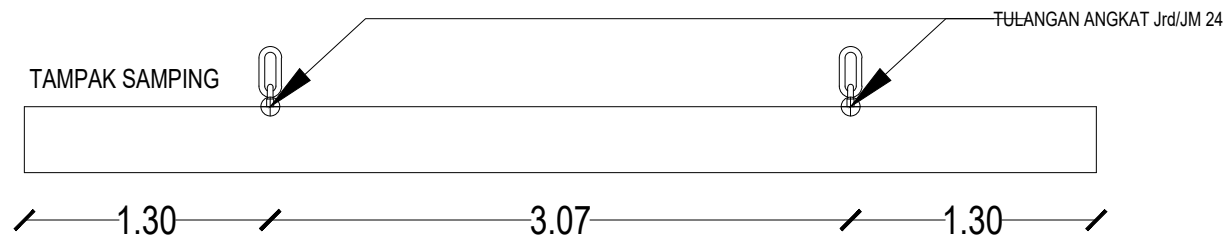
31 / 63



TULANGAN ANGKAT BA 1  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BA 2  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BA 3  
SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

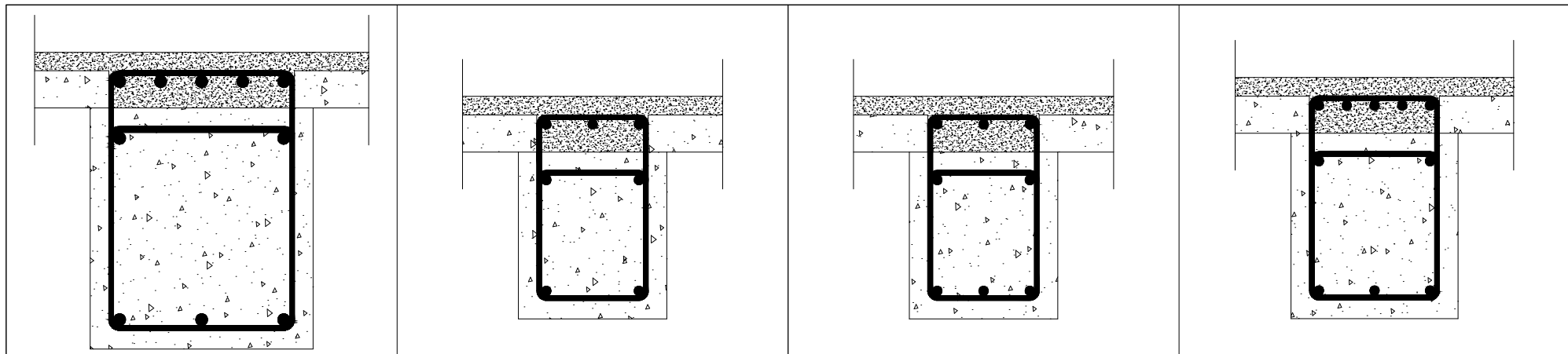
JUDUL GAMBAR

Tulangan Angkat Balok Anak  
Skala 1: 40

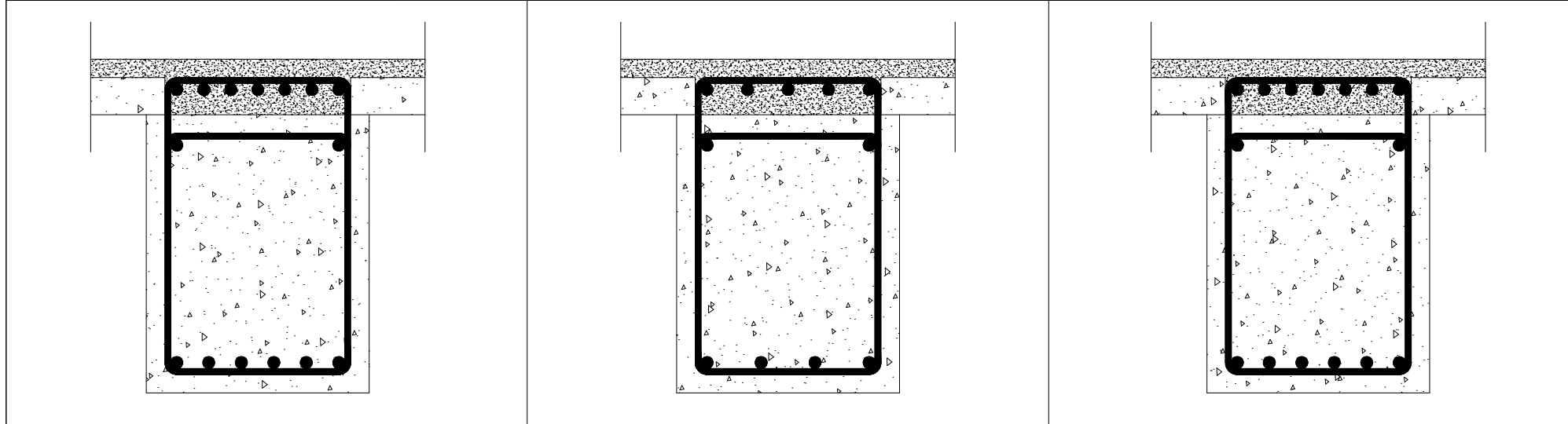
NO. GAMBAR

32 / 63





TIPE BALOK	BALOK INDUK 1 (TUMPUAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 2 (TUMPUAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 3 (TUMPUAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 4 (TUMPUAN)
DIMENSI	60 / 80	DIMENSI	40 / 60	DIMENSI	40 / 60	DIMENSI	45 / 65
TULANGAN ATAS	5 D32	TULANGAN ATAS	3 D25	TULANGAN ATAS	3 D25	TULANGAN ATAS	5 D25
TULANGAN TENGAH	2 D32	TULANGAN TENGAH	2 D25	TULANGAN TENGAH	2 D25	TULANGAN TENGAH	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D32	TULANGAN BAWAH	2 D25	TULANGAN BAWAH	3 D25	TULANGAN BAWAH	3 D25
SENGKANG	2 D13 - 75 mm	SENGKANG	2 D13 - 120 mm	SENGKANG	2 D13 - 120 mm	SENGKANG	2 D13 - 120 mm



TIPE BALOK	BALOK INDUK 5 (TUMPUAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 6 (TUMPUAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 7 (TUMPUAN)
DIMENSI	60 / 90	DIMENSI	60 / 90	DIMENSI	60 / 90
TULANGAN ATAS	7 D32	TULANGAN ATAS	5 D32	TULANGAN ATAS	7 D32
TULANGAN TENGAH	2 D32	TULANGAN TENGAH	2 D32	TULANGAN TENGAH	2 D32
TULANGAN BAWAH	6 D32	TULANGAN BAWAH	4 D32	TULANGAN BAWAH	6 D32
SENGKANG	2 D16 - 50 mm	SENGKANG	2 D16 - 75 mm	SENGKANG	2 D16 - 50 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

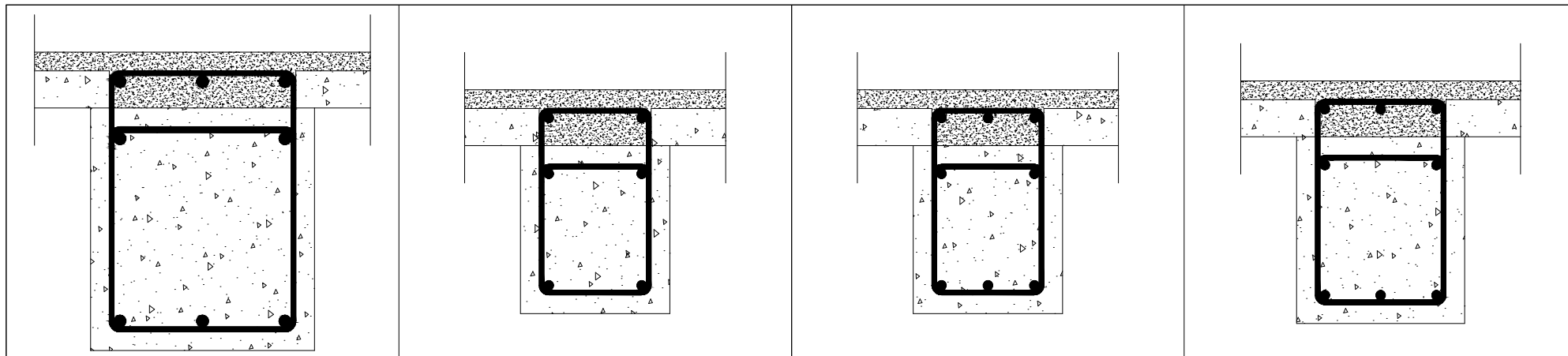
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

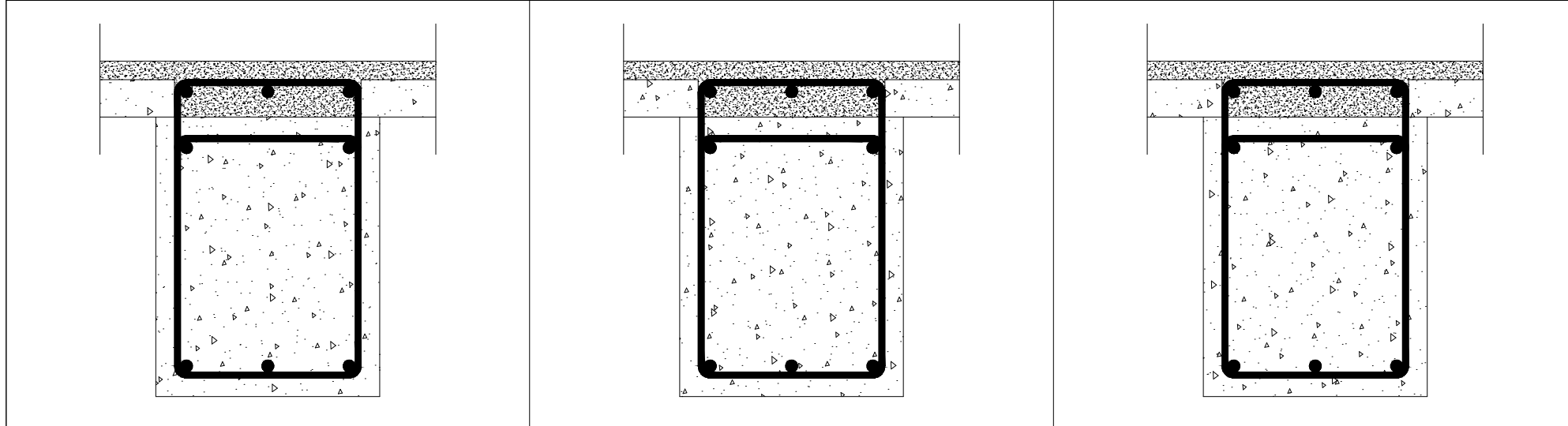
Penulangan Balok Induk Tumpuan  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

33 / 63



TIPE BALOK	BALOK INDUK 1 (LAPANGAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 2 (LAPANGAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 3 (LAPANGAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 4 (LAPANGAN)
DIMENSI	60 / 80	DIMENSI	40 / 60	DIMENSI	40 / 60	DIMENSI	45 / 65
TULANGAN ATAS	3 D32	TULANGAN ATAS	2 D25	TULANGAN ATAS	3 D25	TULANGAN ATAS	3 D25
TULANGAN TENGAH	2 D32	TULANGAN TENGAH	2 D25	TULANGAN TENGAH	2 D25	TULANGAN TENGAH	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D32	TULANGAN BAWAH	2 D25	TULANGAN BAWAH	3 D25	TULANGAN BAWAH	3 D25
SENGKANG	2 D13 - 100 mm	SENGKANG	2 D13 - 125 mm	SENGKANG	2 D13 - 180 mm	SENGKANG	2 D13 - 200 mm



TIPE BALOK	BALOK INDUK 5 (LAPANGAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 6 (LAPANGAN)	TIPE BALOK	BALOK INDUK 7 (LAPANGAN)
DIMENSI	60 / 90	DIMENSI	60 / 90	DIMENSI	60 / 90
TULANGAN ATAS	3 D32	TULANGAN ATAS	3 D32	TULANGAN ATAS	3 D32
TULANGAN TENGAH	2 D32	TULANGAN TENGAH	2 D32	TULANGAN TENGAH	2 D32
TULANGAN BAWAH	3 D32	TULANGAN BAWAH	3 D32	TULANGAN BAWAH	3 D32
SENGKANG	2 D16 - 50 mm	SENGKANG	2 D16 - 75 mm	SENGKANG	2 D16 - 50 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Balok Induk Lapangan  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

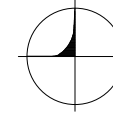
34 / 63

TAMPAK SAMPING



1.21 2.19 1.21

TULANGAN ANGKAT Jrd/JM 36



TULANGAN ANGKAT BI 1

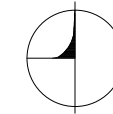
SKALA 1 : 40

TAMPAK SAMPING



1.24 2.58 1.24

TULANGAN ANGKAT Jrd/JM 30



TULANGAN ANGKAT BI 2

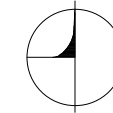
SKALA 1 : 40

TAMPAK SAMPING



1.14 2.33 1.14

TULANGAN ANGKAT Jrd/JM 30



TULANGAN ANGKAT BI 3

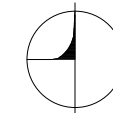
SKALA 1 : 40

TAMPAK SAMPING



1.34 2.78 1.34

TULANGAN ANGKAT Jrd/JM 36



TULANGAN ANGKAT BI 4

SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

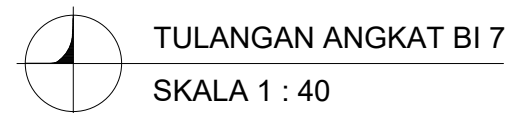
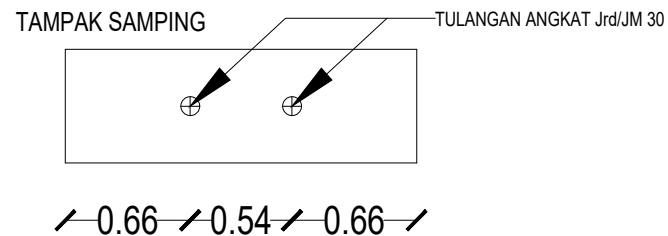
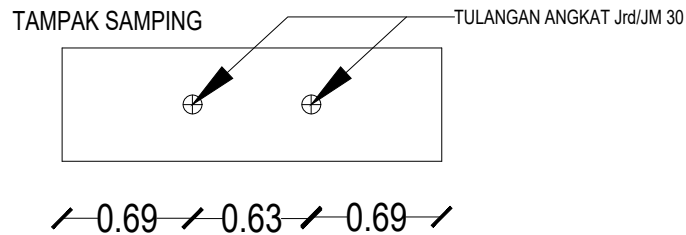
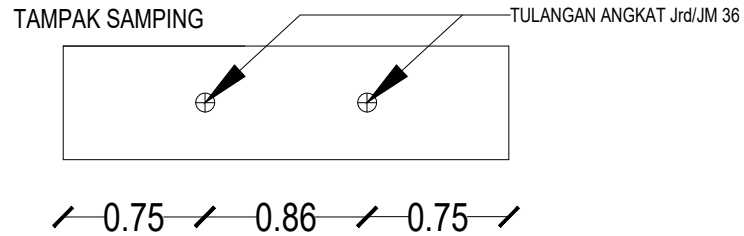
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Tulangan Angkat Balok Induk  
Skala 1: 40

NO. GAMBAR

35 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

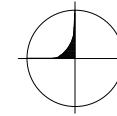
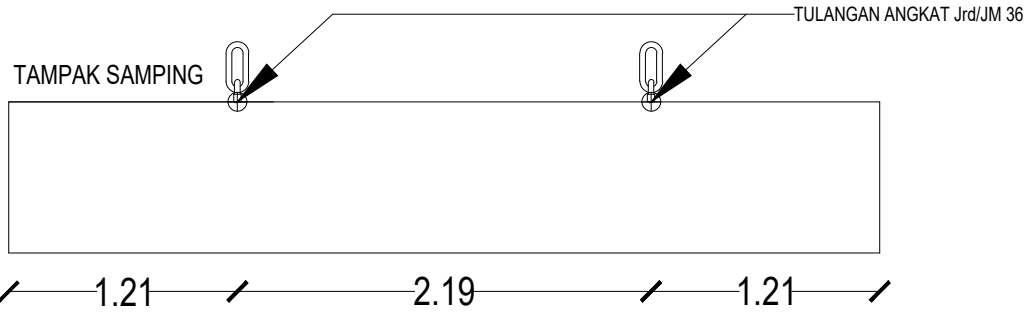
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

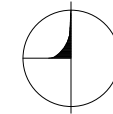
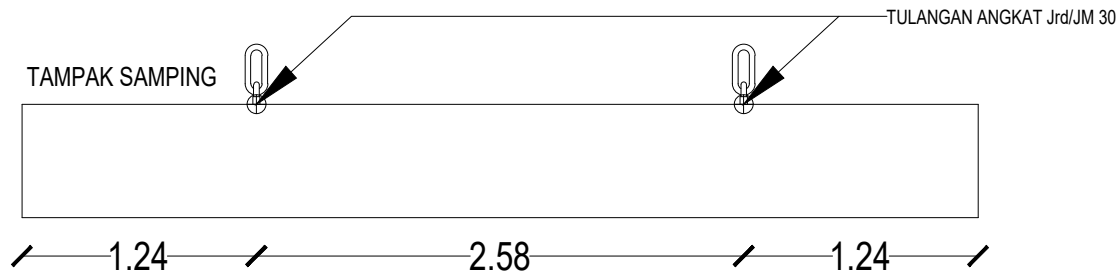
Tulangan Angkat Balok Induk  
Skala 1: 40

NO. GAMBAR

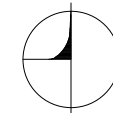
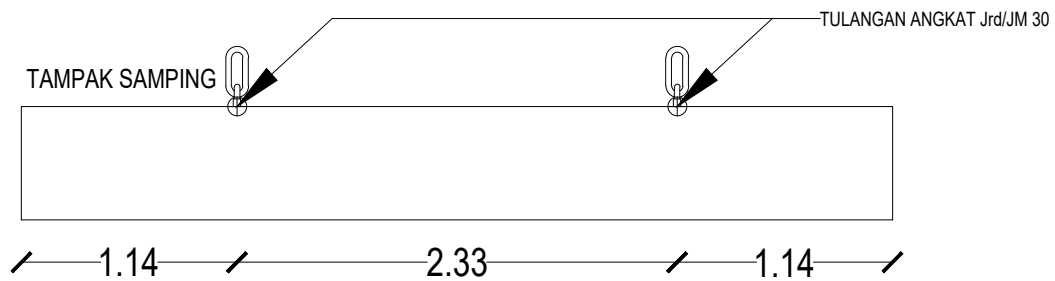
36 / 63



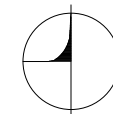
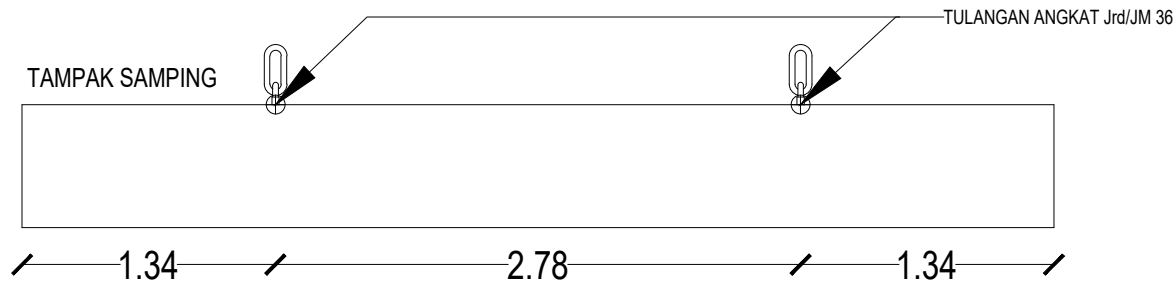
TULANGAN ANGKAT BI 1  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BI 2  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BI 3  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BI 4  
SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

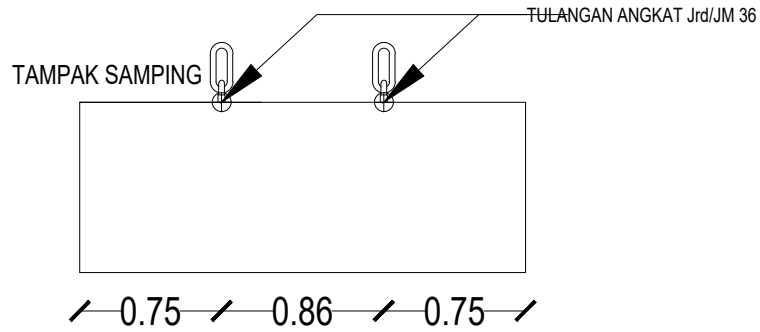
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

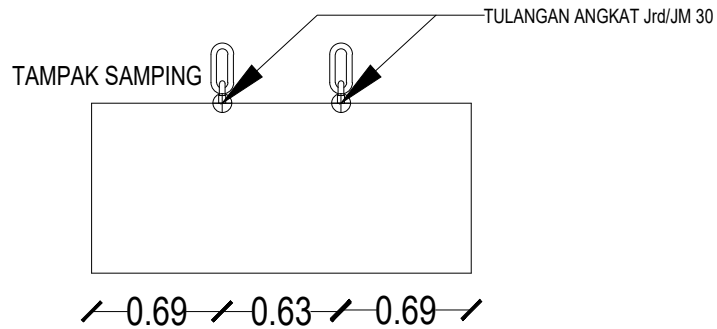
Tulangan Angkat Balok Induk  
Skala 1: 40

NO. GAMBAR

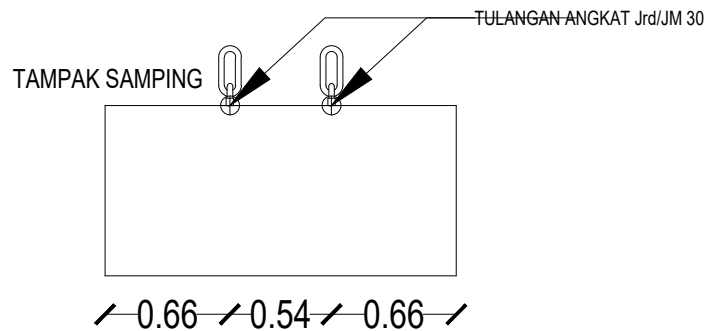
37 / 63



TULANGAN ANGKAT BI 5  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BI 6  
SKALA 1 : 40



TULANGAN ANGKAT BI 7  
SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

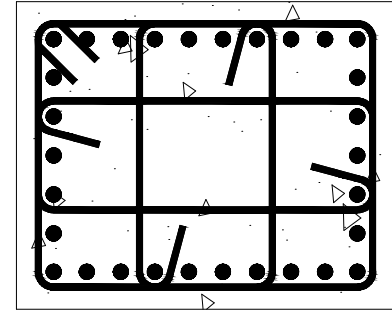
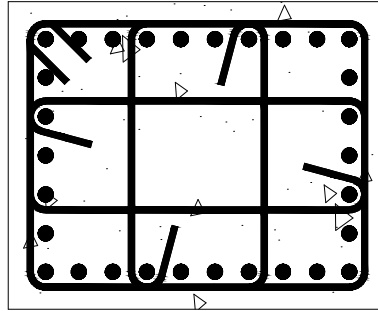
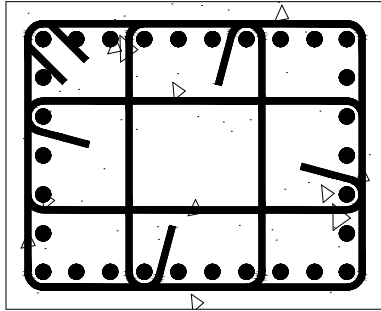
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

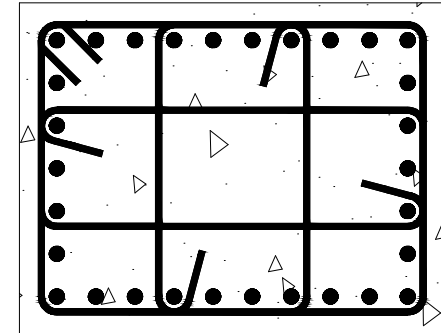
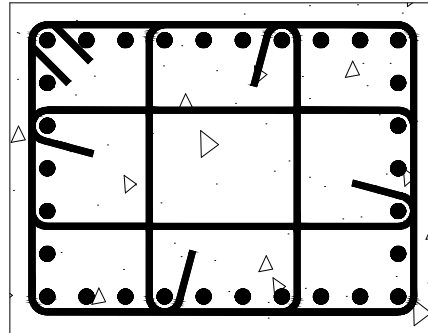
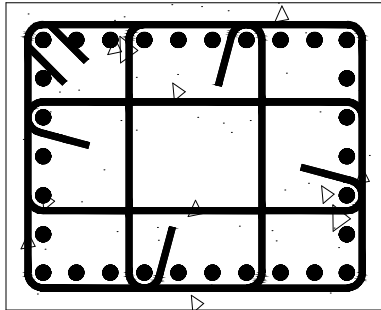
Tulangan Angkat Balok Induk  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

38 / 63



TIPE KOLOM	KOLOM 1	TIPE KOLOM	KOLOM 2	TIPE KOLOM	KOLOM 3
DIMENSI	650 x 800 mm	DIMENSI	650 x 800 mm	DIMENSI	650 x 800 mm
TINGGI	5 METER	TINGGI	3.1 METER	TINGGI	3.1 METER
TULANGAN LONGITUDINAL	30 D32	TULANGAN LONGITUDINAL	30 D32	TULANGAN LONGITUDINAL	30 D32
SENGKANG TUMPUAN	4 D16 - 100 mm	SENGKANG TUMPUAN	4 D16 - 50 mm	SENGKANG TUMPUAN	4 D16 - 50 mm
SENGKANG LAPANGAN	4 D16 - 150 mm	SENGKANG LAPANGAN	4 D16 - 150 mm	SENGKANG LAPANGAN	4 D16 - 150 mm



TIPE KOLOM	KOLOM 4	TIPE KOLOM	KOLOM 5	TIPE KOLOM	KOLOM 6
DIMENSI	650 x 800 mm	DIMENSI	700 x 900 mm	DIMENSI	700 x 900 mm
TINGGI	3.1 METER	TINGGI	5 METER	TINGGI	3.1 METER
TULANGAN LONGITUDINAL	30 D32	TULANGAN LONGITUDINAL	30 D32	TULANGAN LONGITUDINAL	30 D32
SENGKANG TUMPUAN	4 D16 - 50 mm	SENGKANG TUMPUAN	4 D16 - 50 mm	SENGKANG TUMPUAN	4 D16 - 50 mm
SENGKANG LAPANGAN	4 D16 - 150 mm	SENGKANG LAPANGAN	4 D16 - 150 mm	SENGKANG LAPANGAN	4 D16 - 150 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

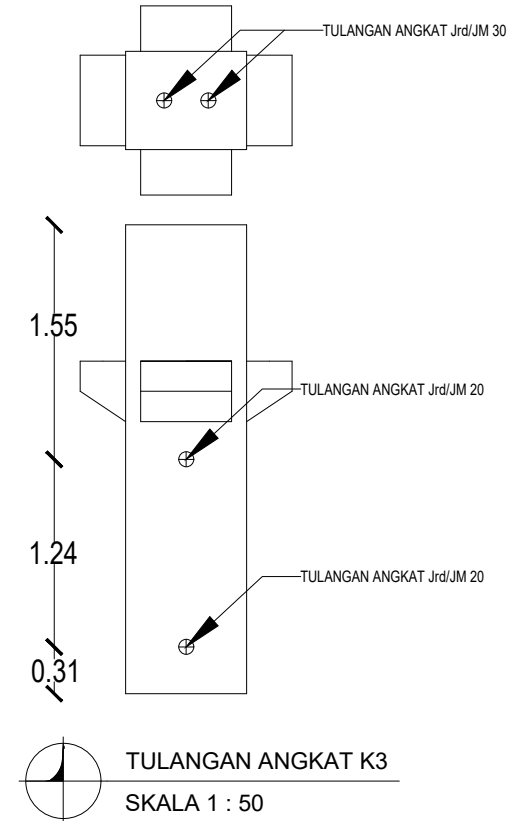
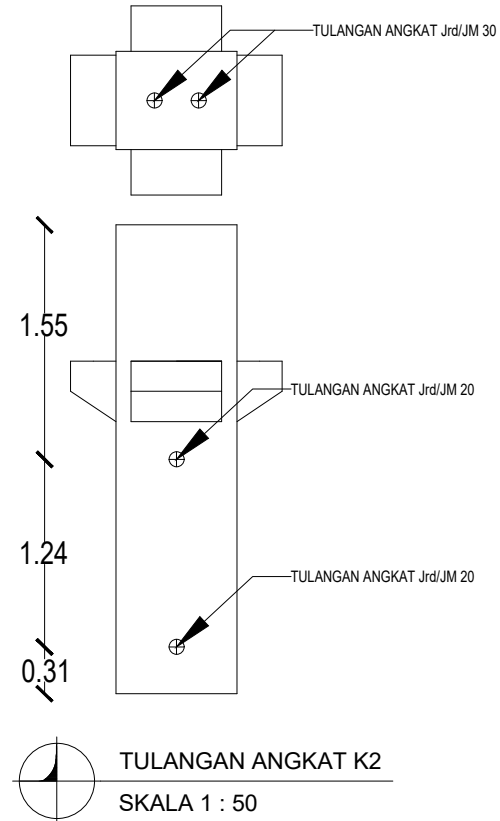
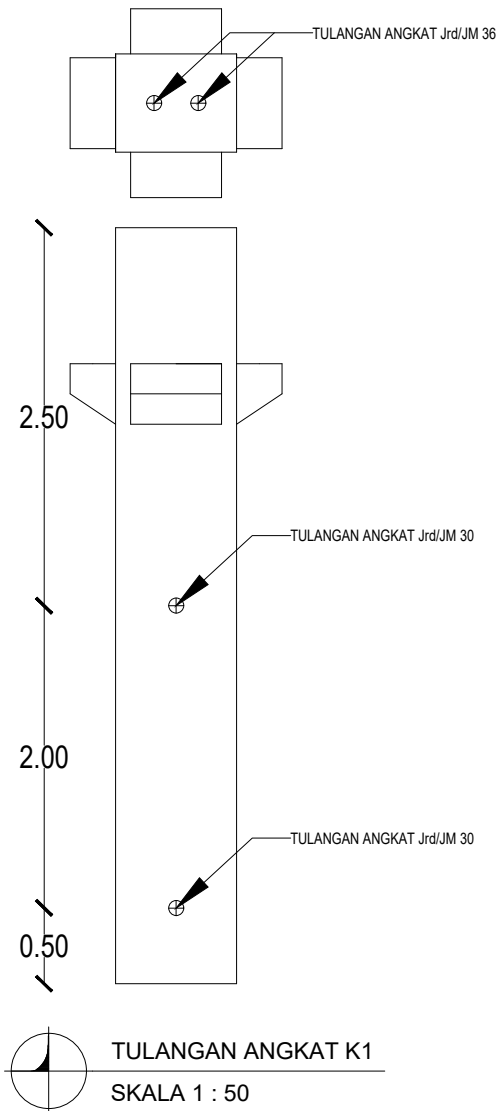
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

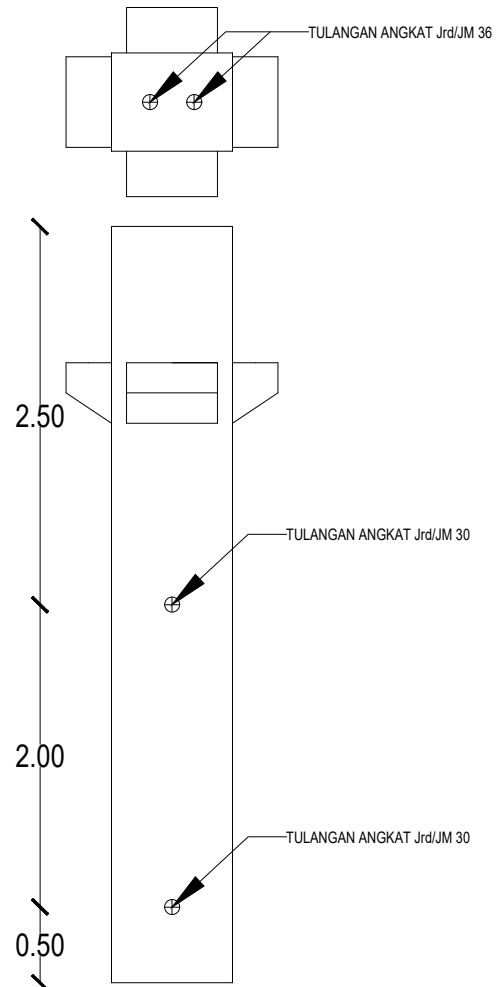
Penulangan Kolom  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

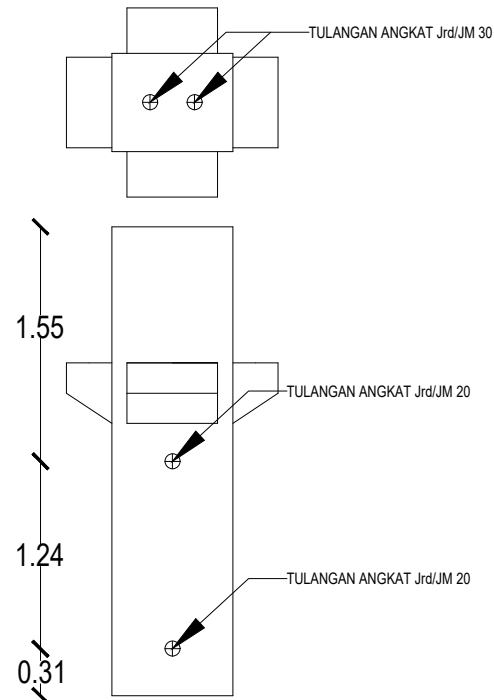
39 / 63



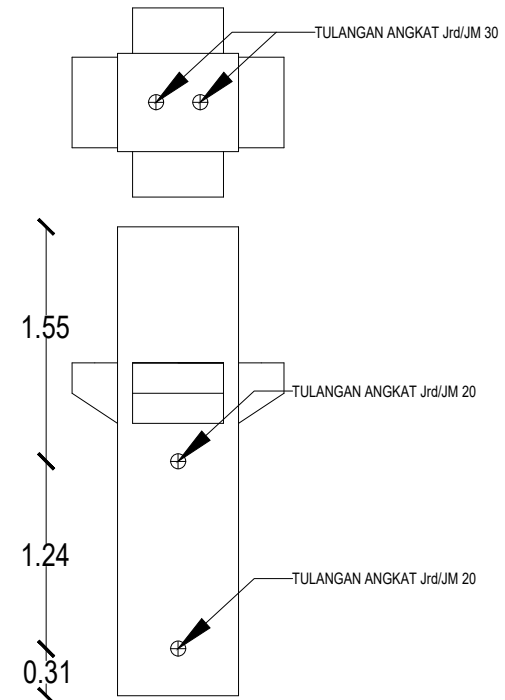




TULANGAN ANGKAT K4  
SKALA 1 : 50

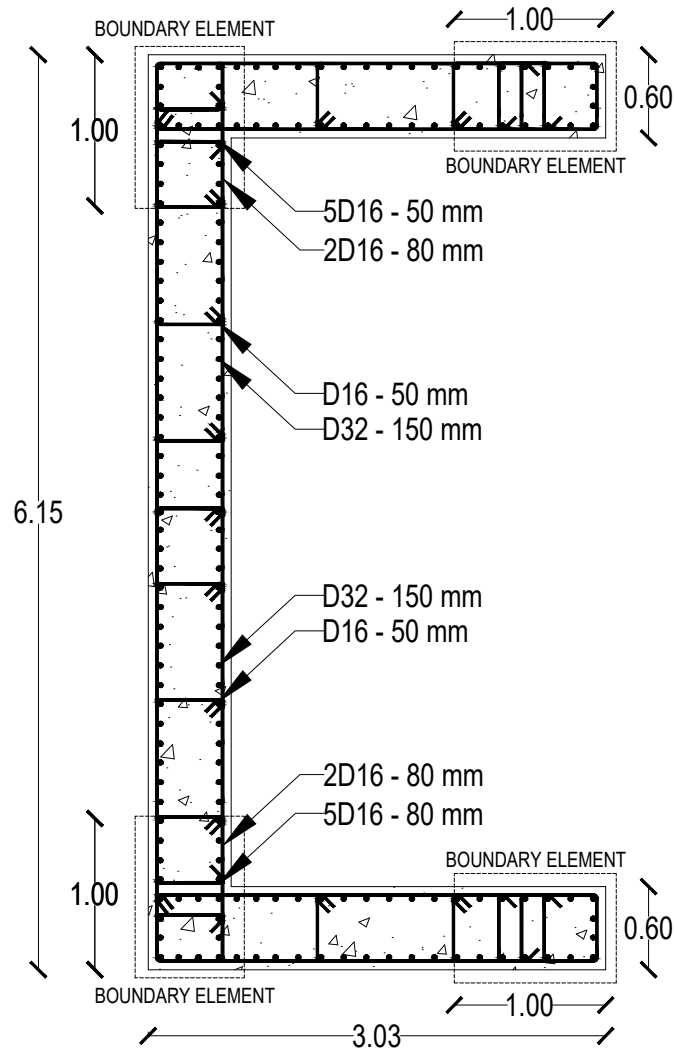



TULANGAN ANGKAT K5  
SKALA 1 : 50

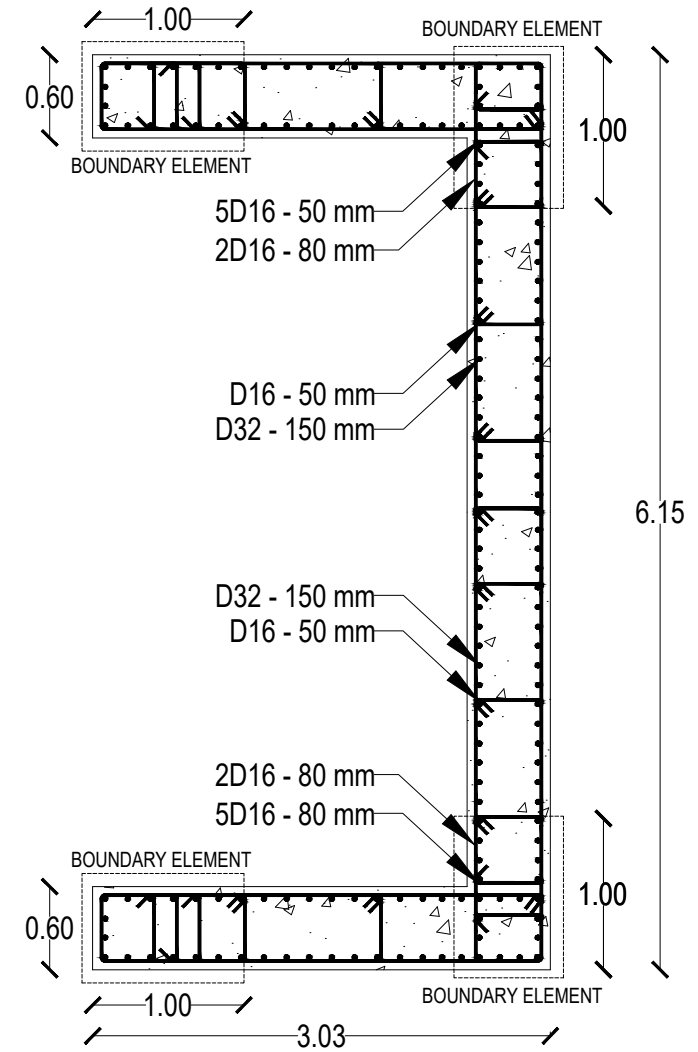



TULANGAN ANGKAT K6  
SKALA 1 : 50






**SHEAR WALL 1**  
 SKALA 1 : 50




**SHEAR WALL 2**  
 SKALA 1 : 50



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**FTSPK**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH**  
**NOPEMBER**

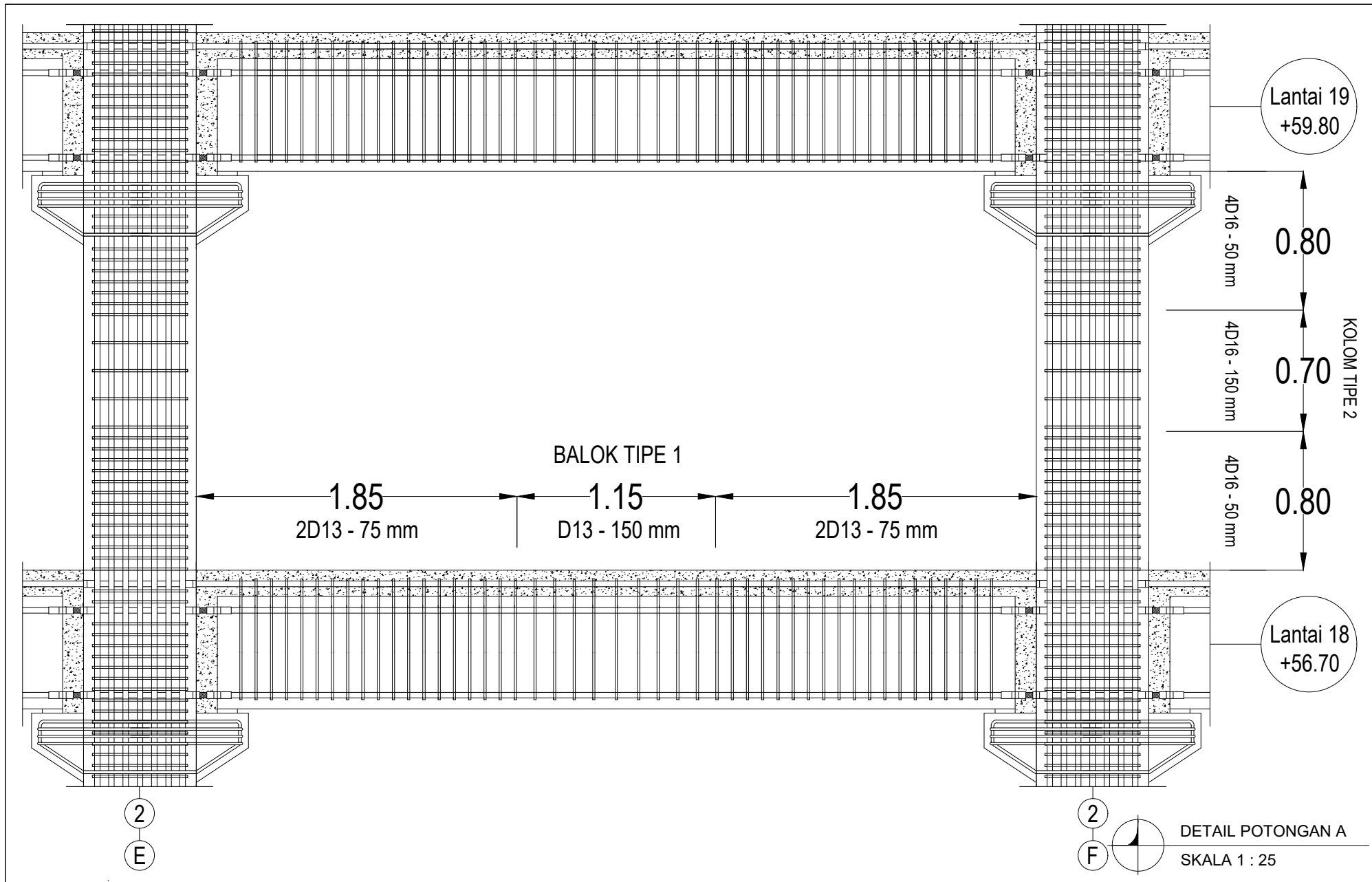
**JUDUL TUGAS AKHIR**  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
 BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**  
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**  
 Naufal Muhammad Rizky  
 Sulisitio  
 (0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**  
 Penulangan Shear Wall  
 Skala 1 : 50

**NO. GAMBAR**  
 42 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

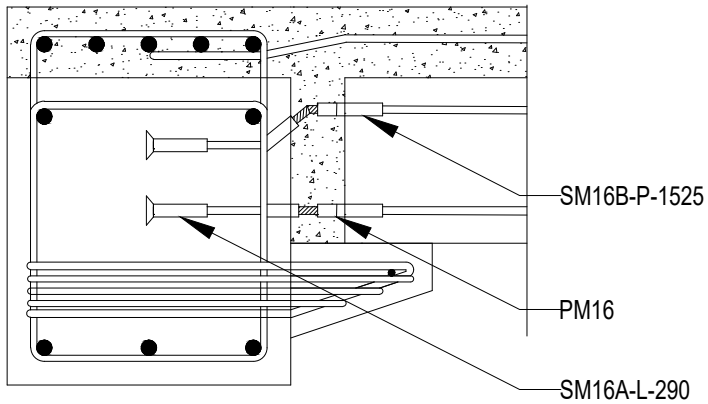
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)


**JUDUL GAMBAR**

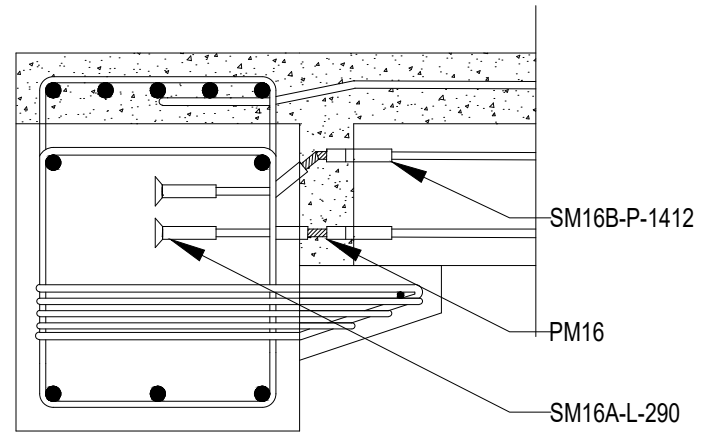
Detail Potongan A  
Skala 1: 25


**NO. GAMBAR**

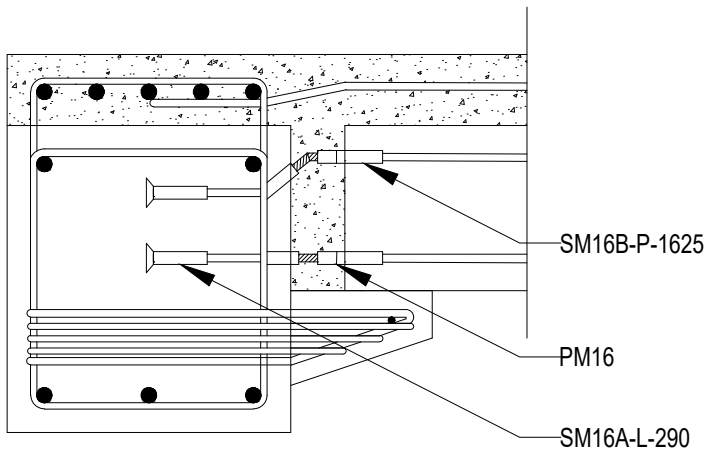
43 / 63




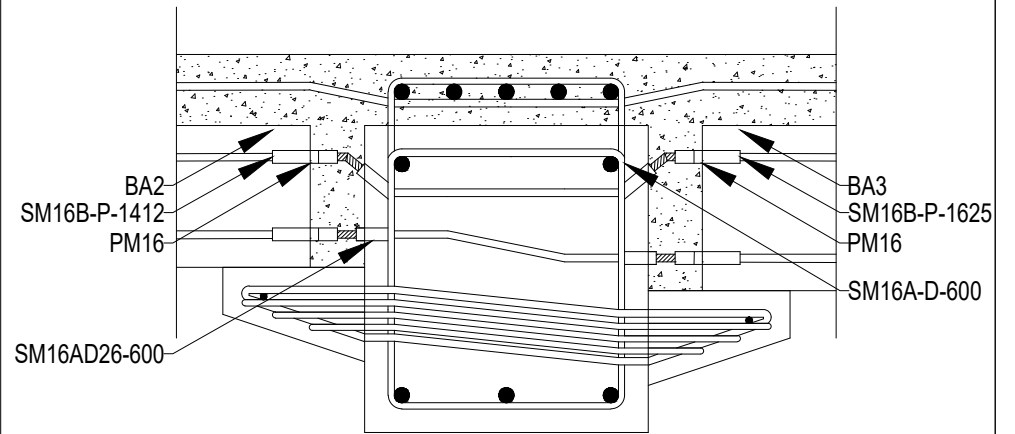

**SAMBUNGAN BA1-B11**  
 SKALA 1 : 40





**SAMBUNGAN BA2-B11**  
 SKALA 1 : 40




**SAMBUNGAN BA3-B11**  
 SKALA 1 : 40




**SAMBUNGAN BA2-BA3**  
 SKALA 1 : 40



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**FTSPK**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH**  
**NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
 BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

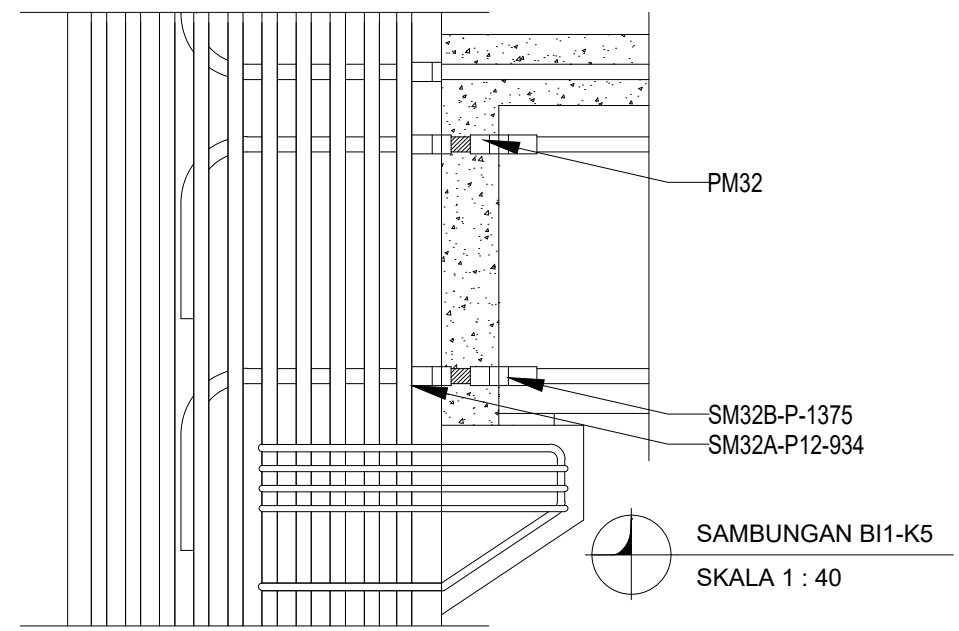
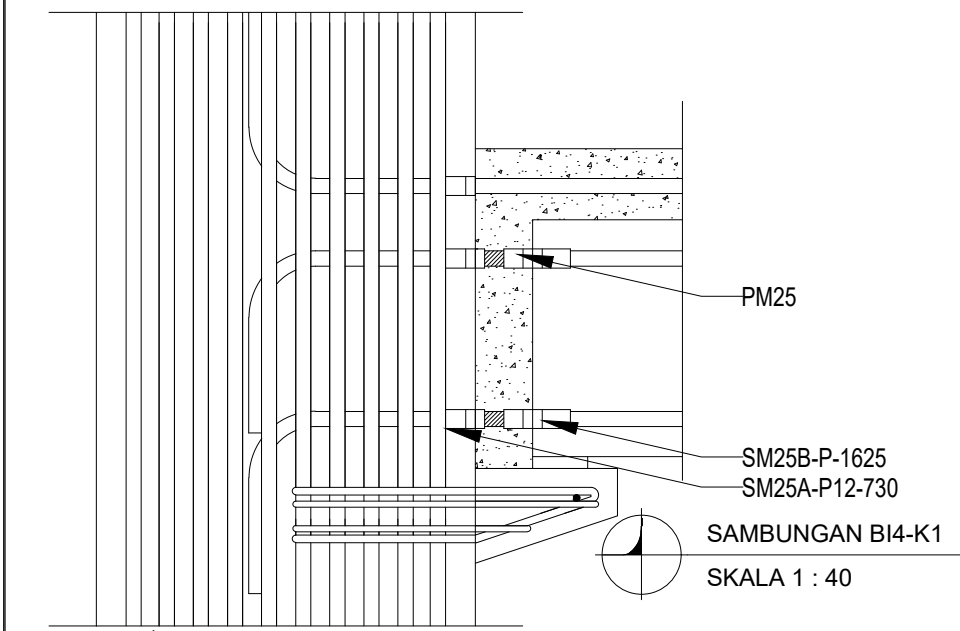
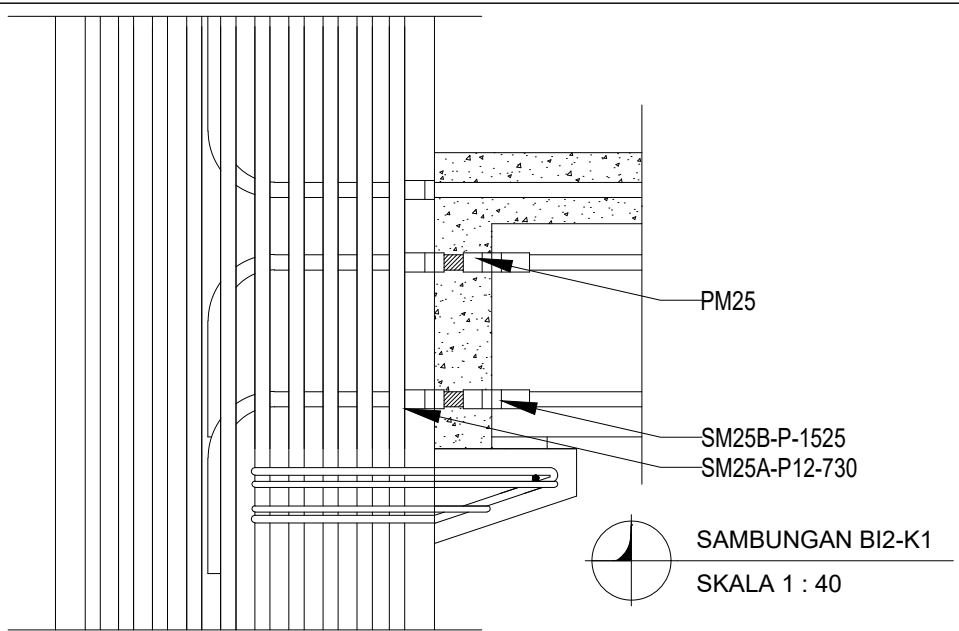
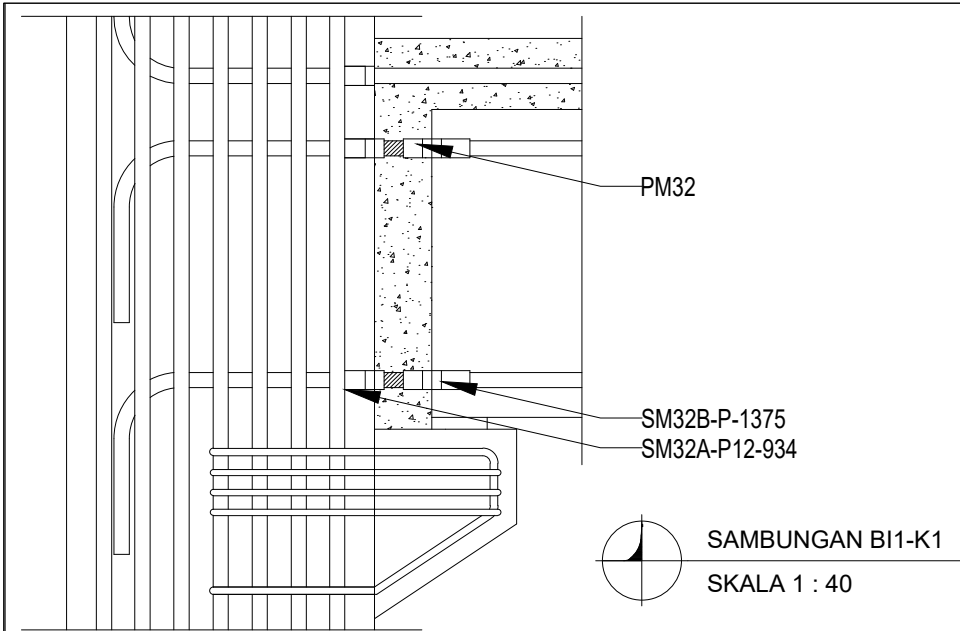
Naufal Muhammad Rizky  
 Sulisitio  
 (0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan Balok Anak - Balok  
 Induk  
 Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

44 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

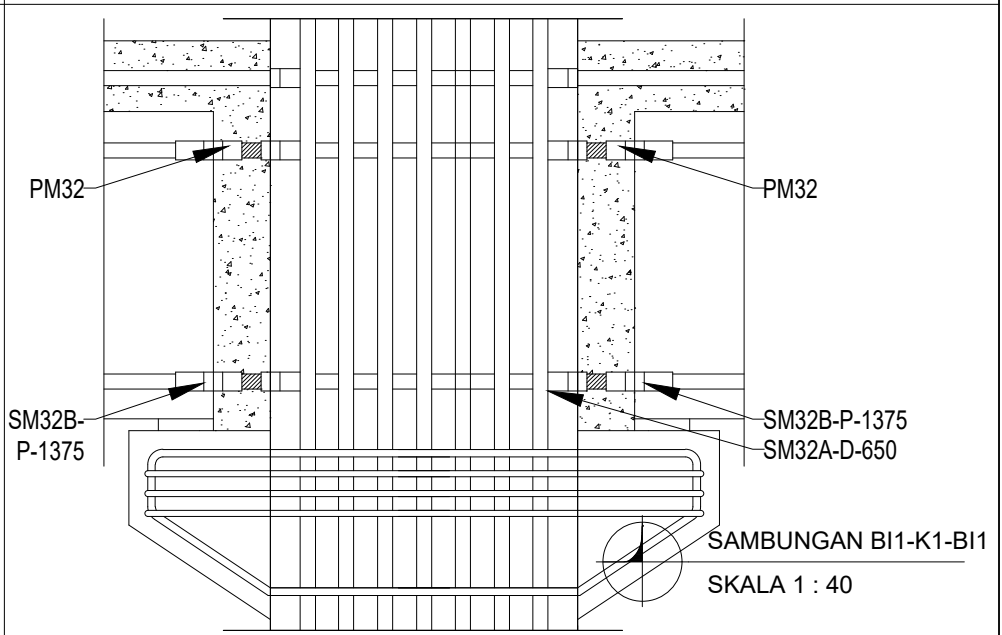
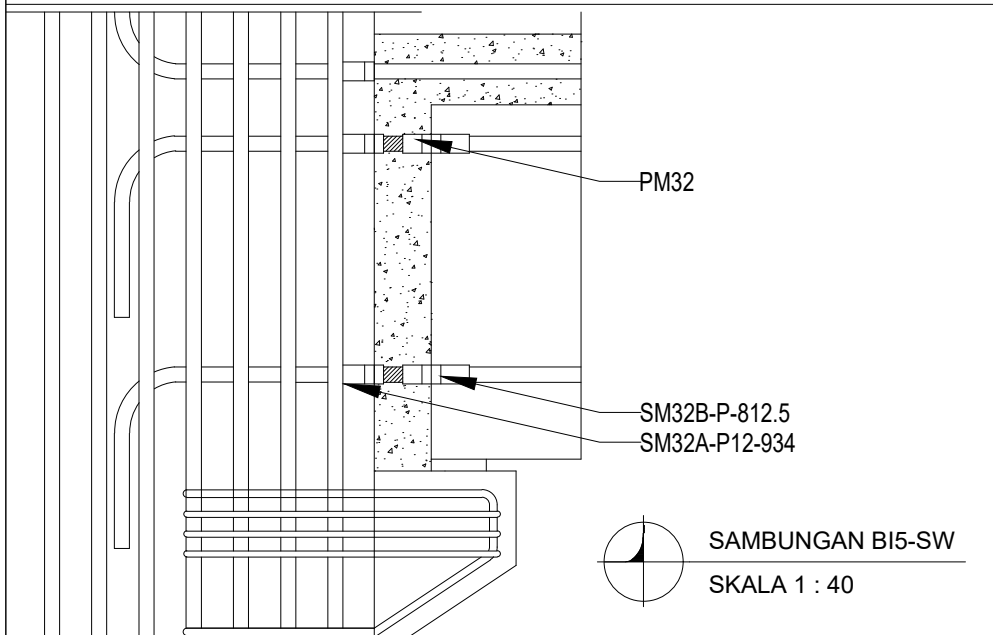
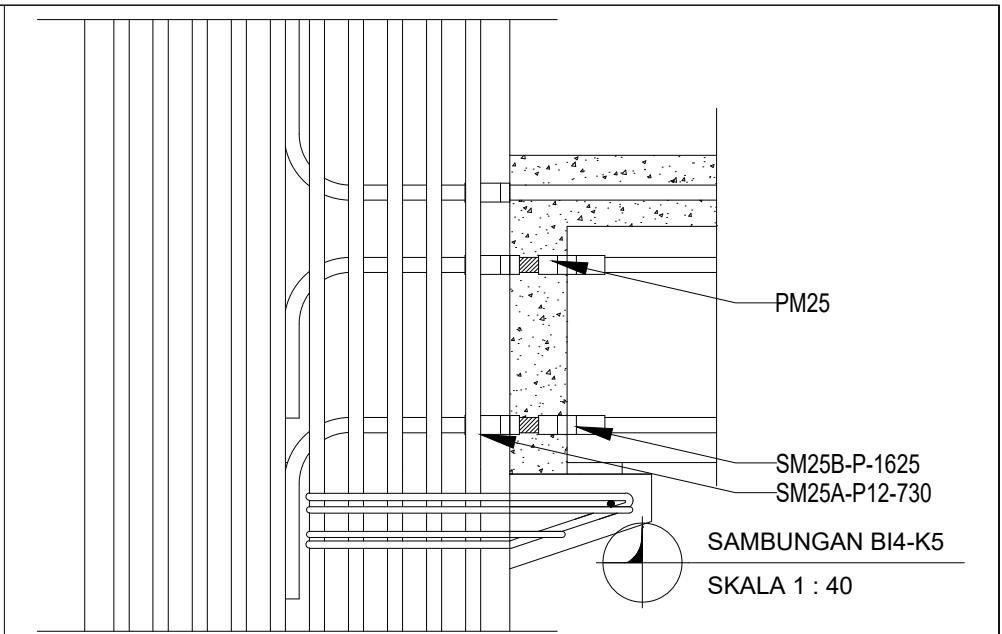
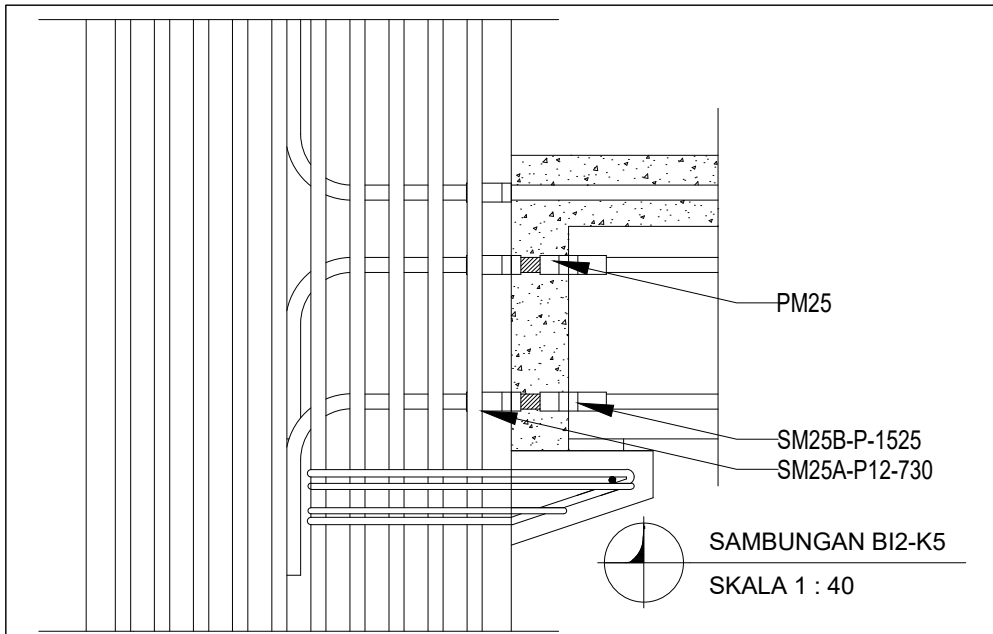
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan Balok Induk - Kolom  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

45 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

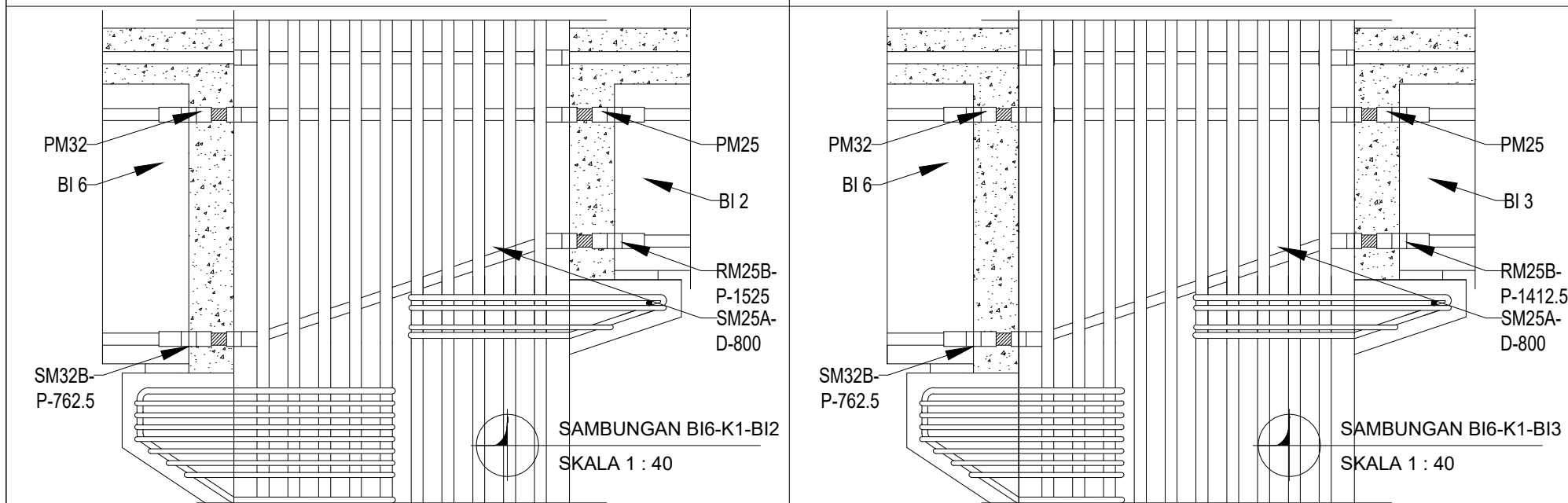
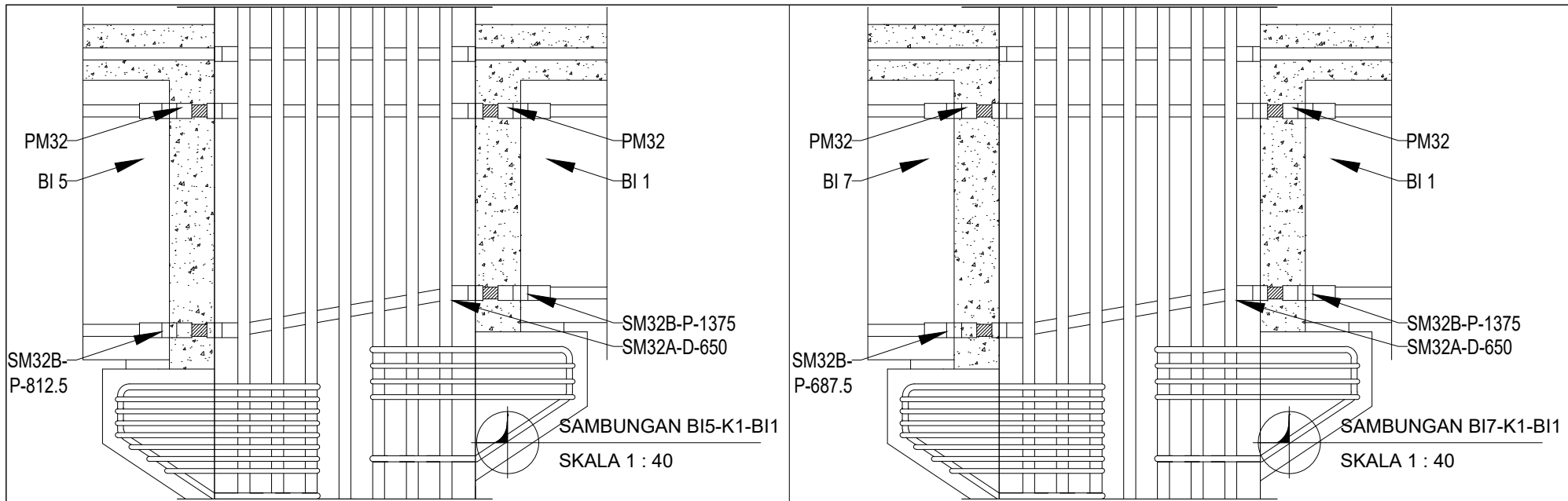
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan Balok Induk - Kolom  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

46 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

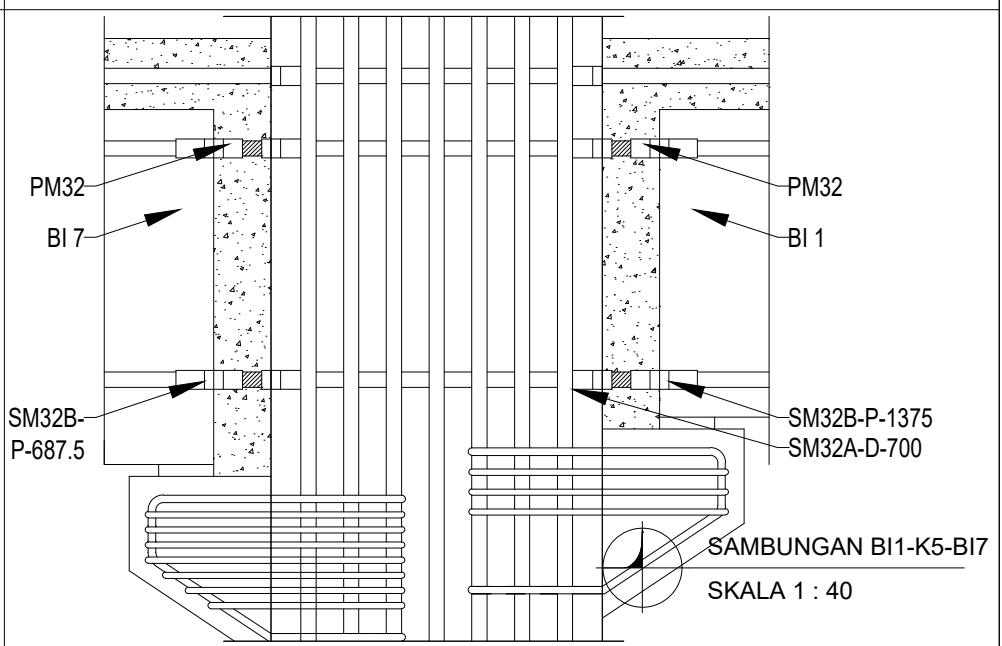
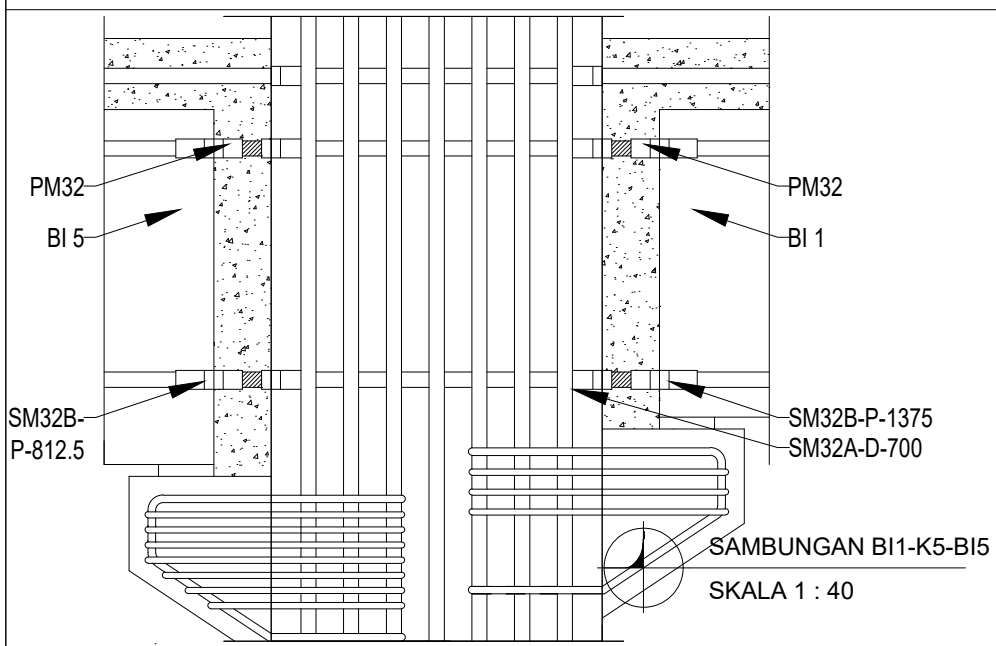
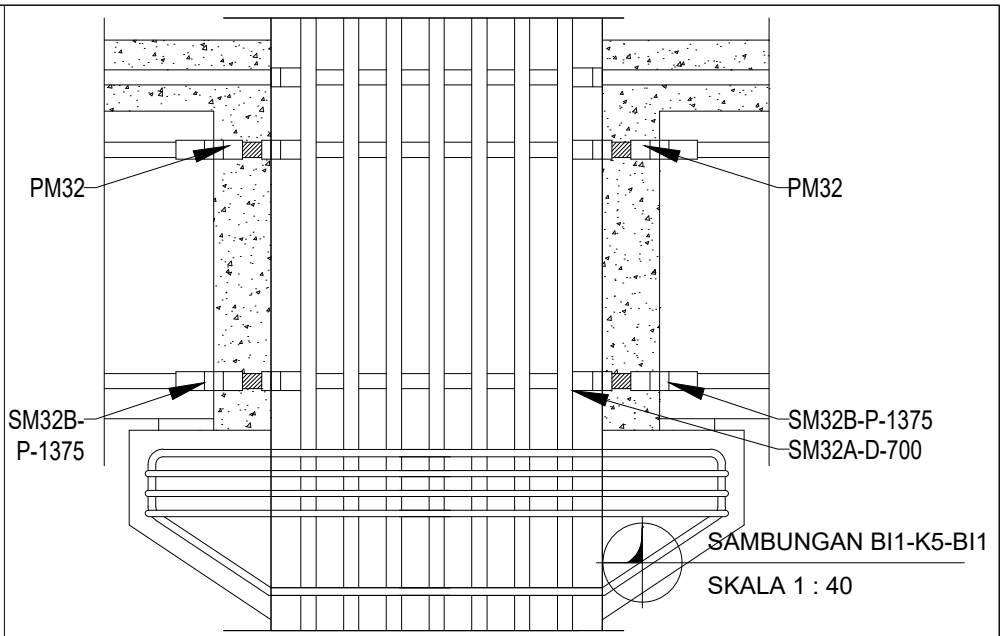
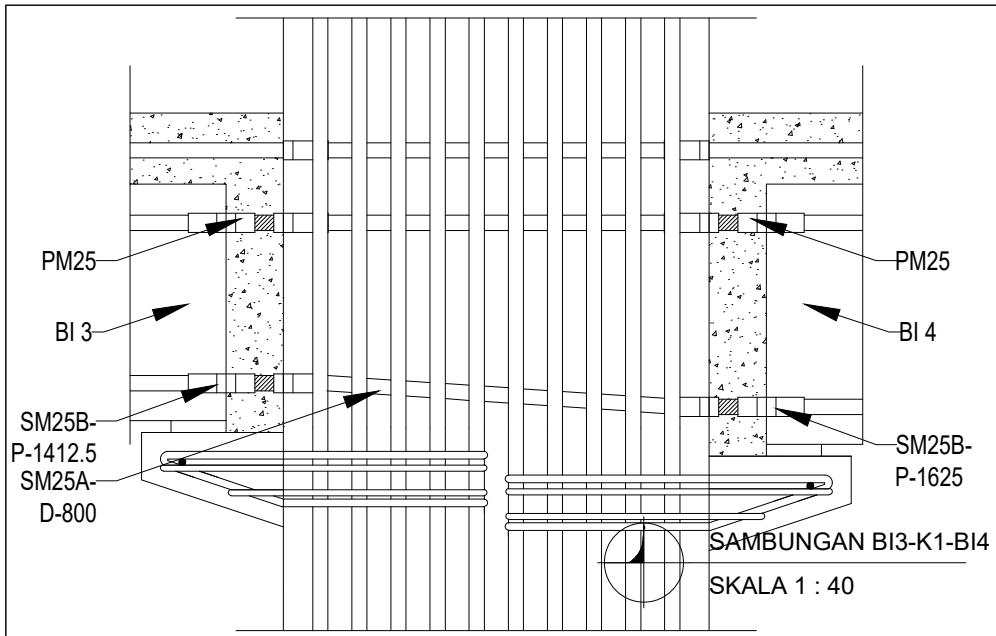
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan Balok Induk - Kolom  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

47 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

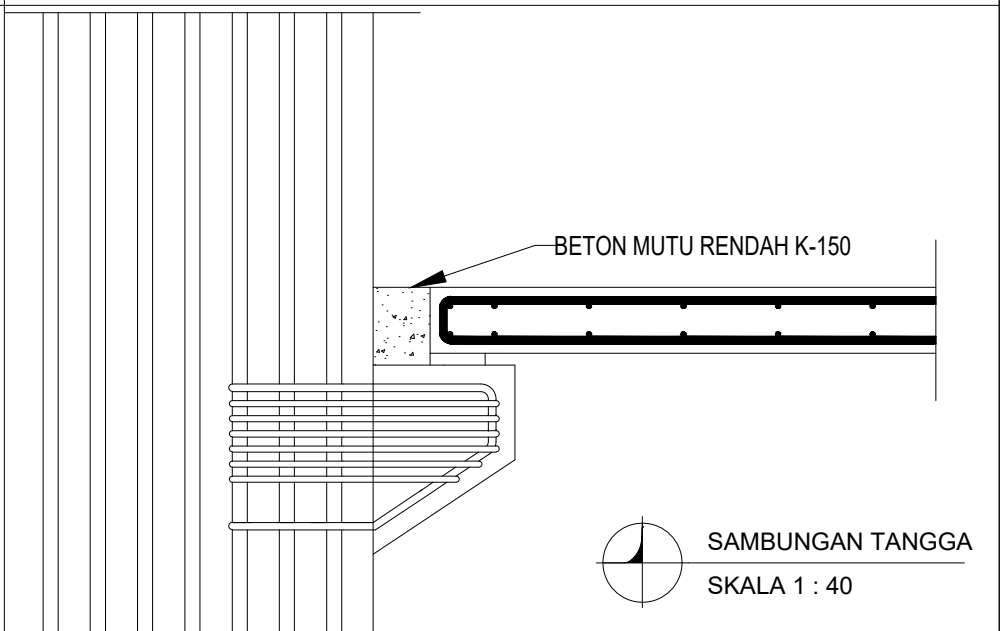
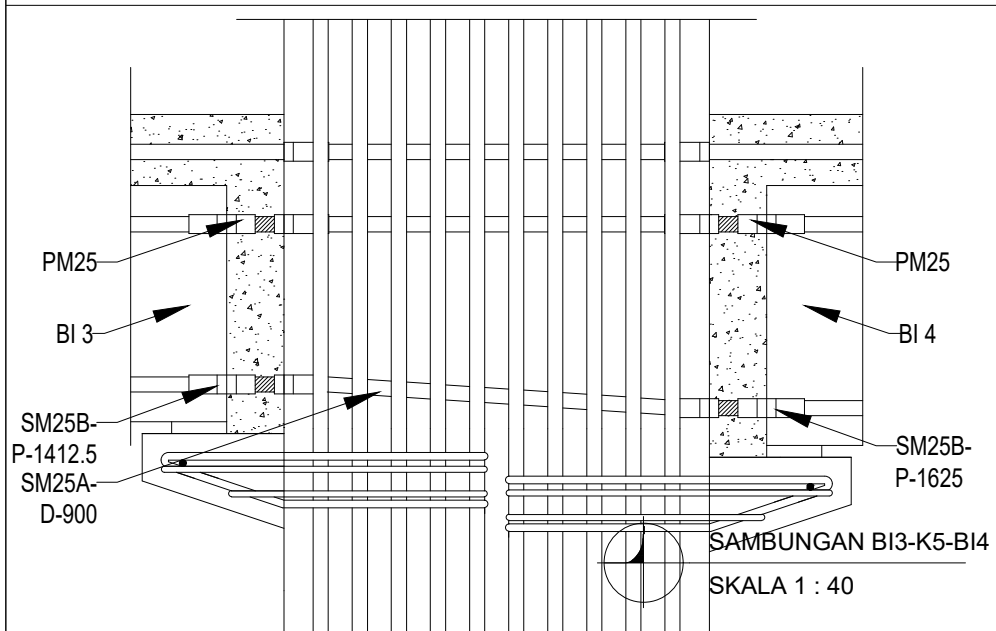
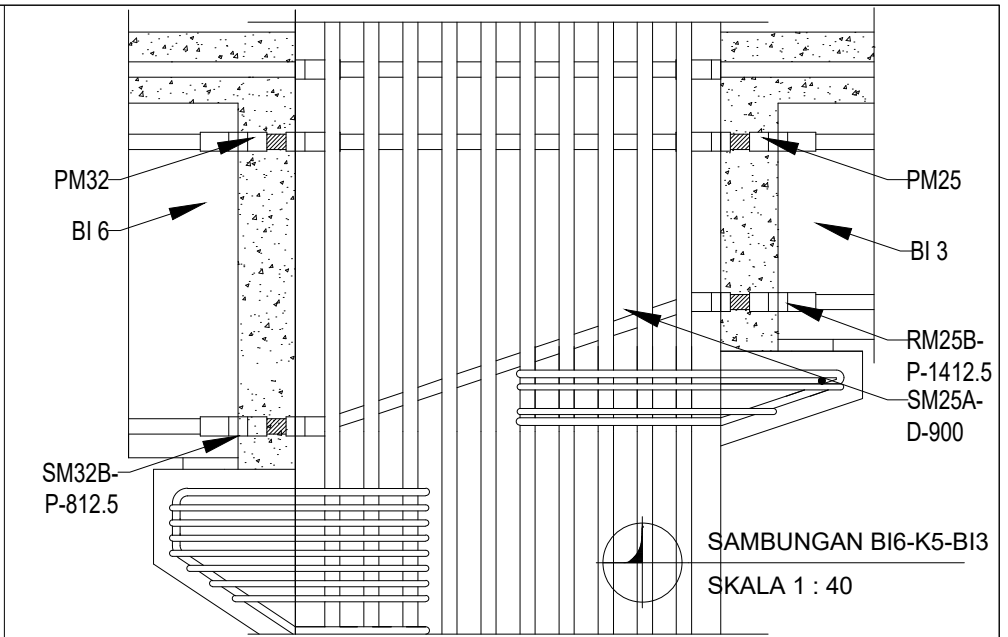
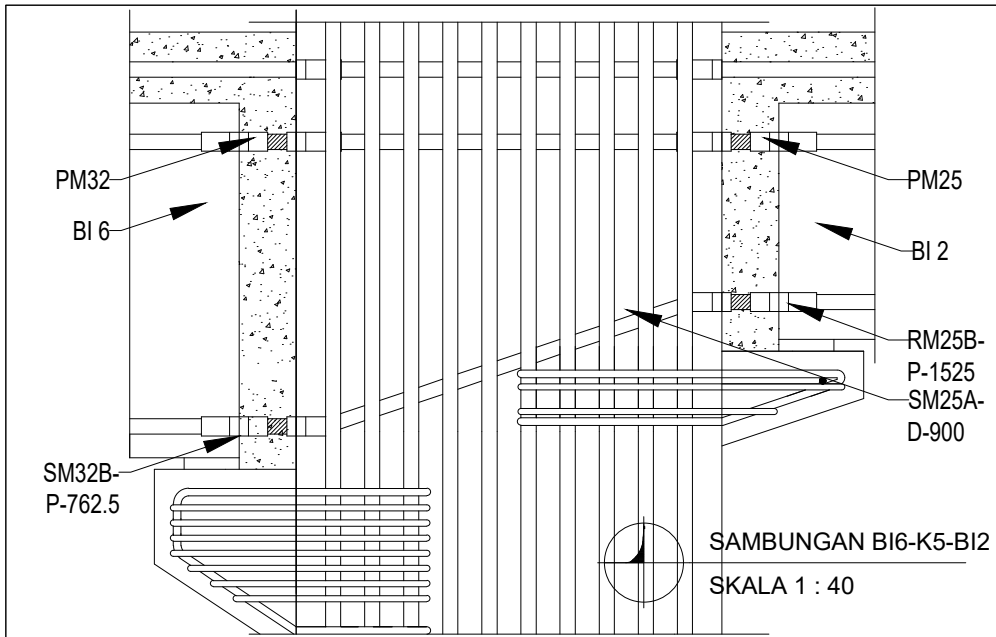
**JUDUL GAMBAR**

Sambungan Balok Induk - Kolom  
Skala 1: 40

**NO. GAMBAR**

48 / 63





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

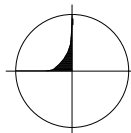
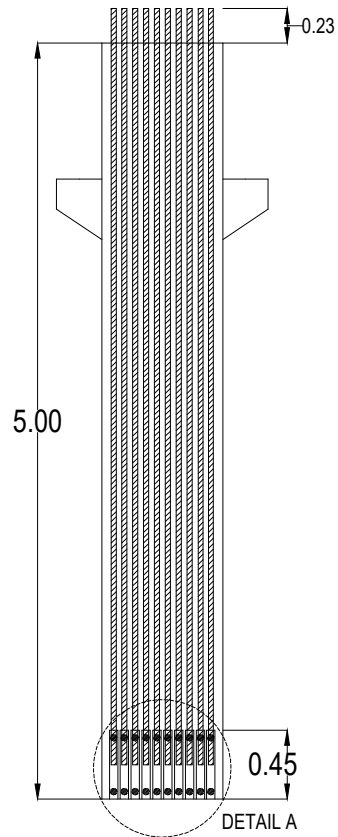
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

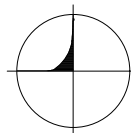
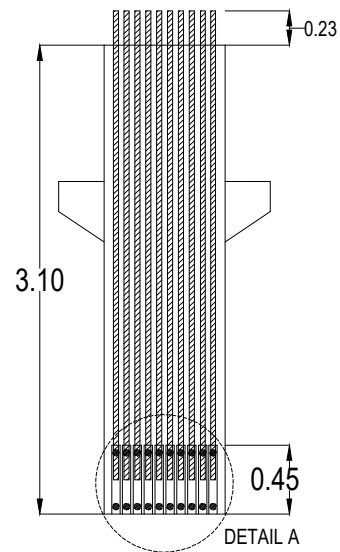
Sambungan Balok Induk - Kolom  
Skala 1: 40

NO. GAMBAR

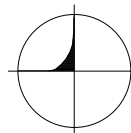
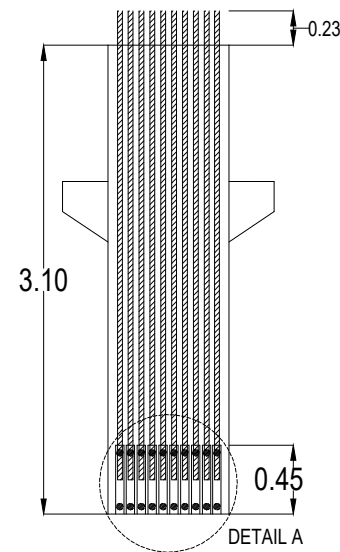
49 / 63



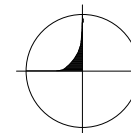
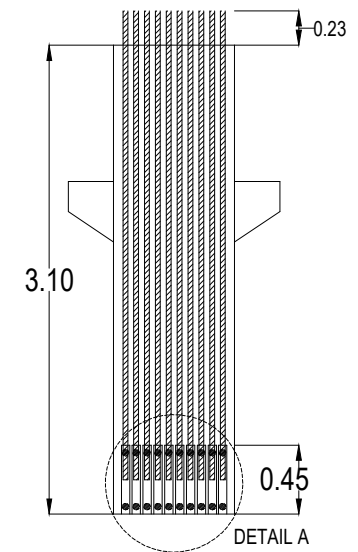
**SAMBUNGAN K1**  
SKALA 1 : 50



**SAMBUNGAN K2**  
SKALA 1 : 50



**SAMBUNGAN K3**  
SKALA 1 : 50



**SAMBUNGAN K4**  
SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

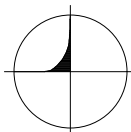
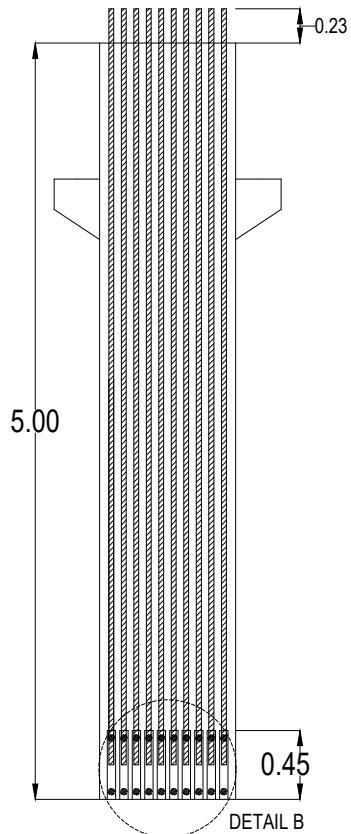
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

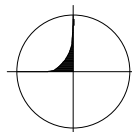
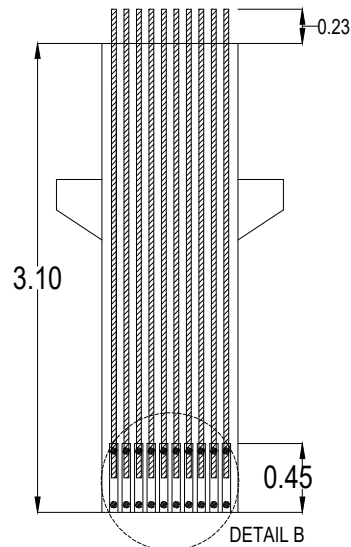
Sambungan Kolom - Kolom  
Skala 1 : 50

**NO. GAMBAR**

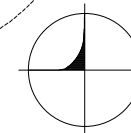
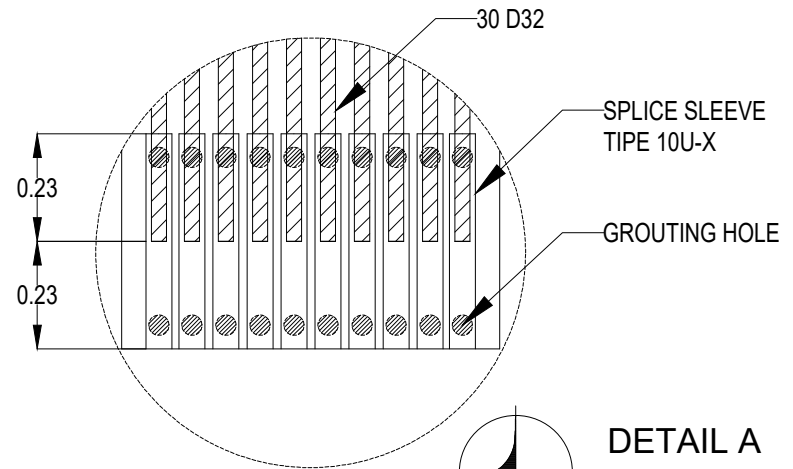
50 / 63



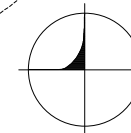
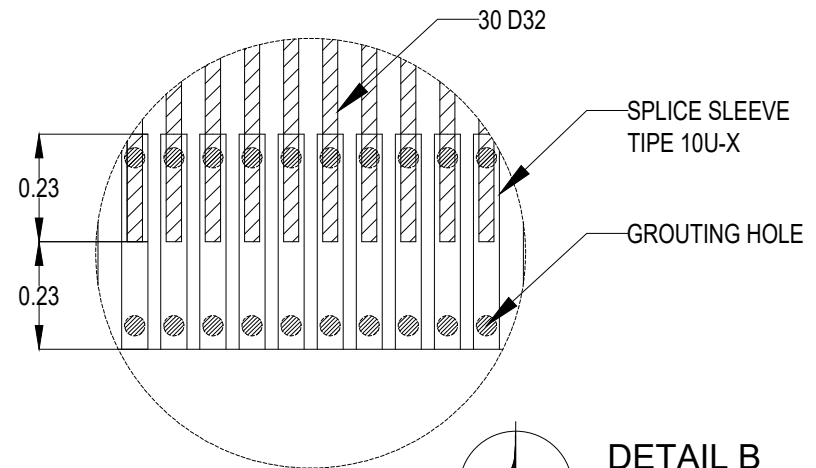
**SAMBUNGAN K5**  
SKALA 1 : 50



**SAMBUNGAN K6**  
SKALA 1 : 50

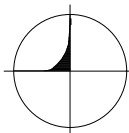
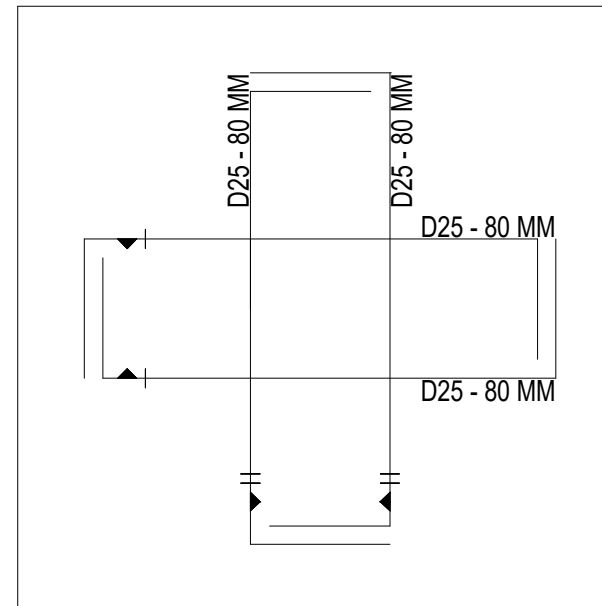
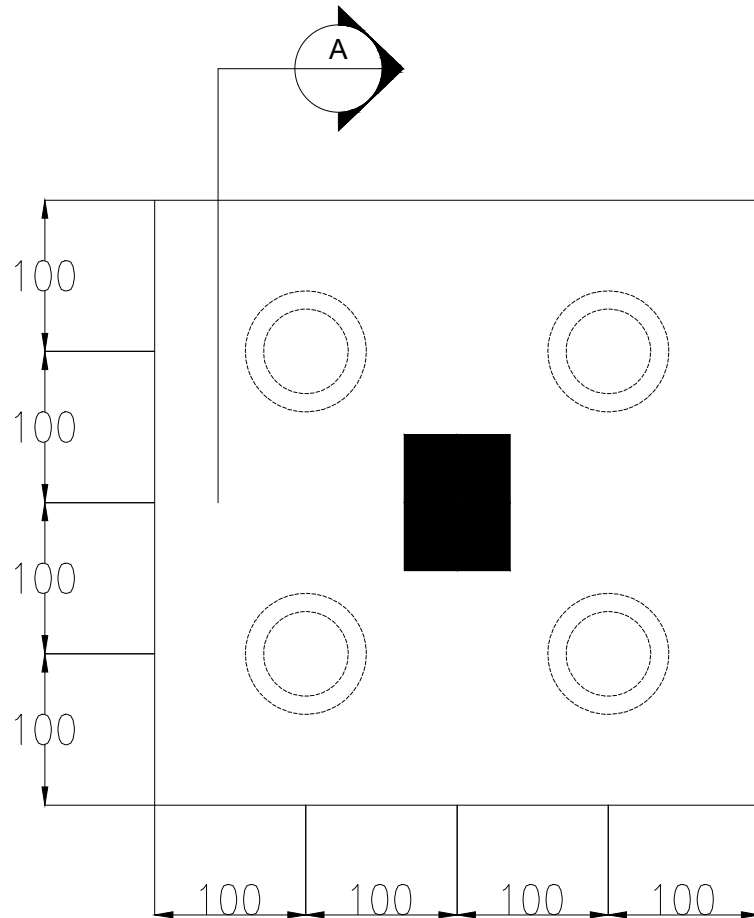


**DETAIL A**  
SKALA 1 : 16



**DETAIL B**  
SKALA 1 : 16





**PENULANGAN POER TIPE 1**

**SKALA 1 : 50**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

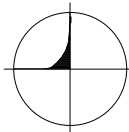
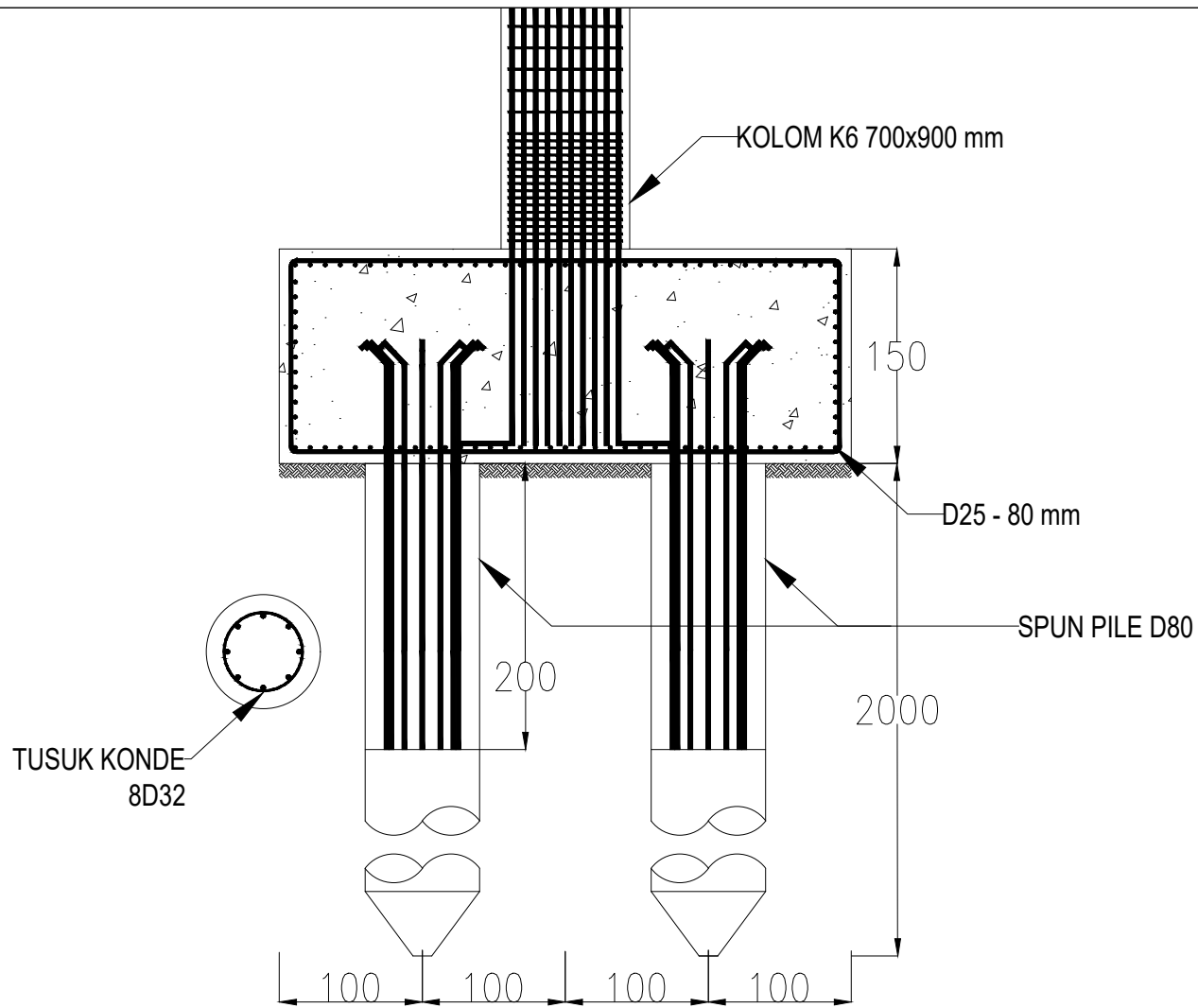
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Poer Tipe 1  
Skala 1: 50

**NO. GAMBAR**

52 / 63



POTONGAN A POER TIPE 1

SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

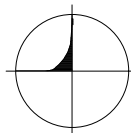
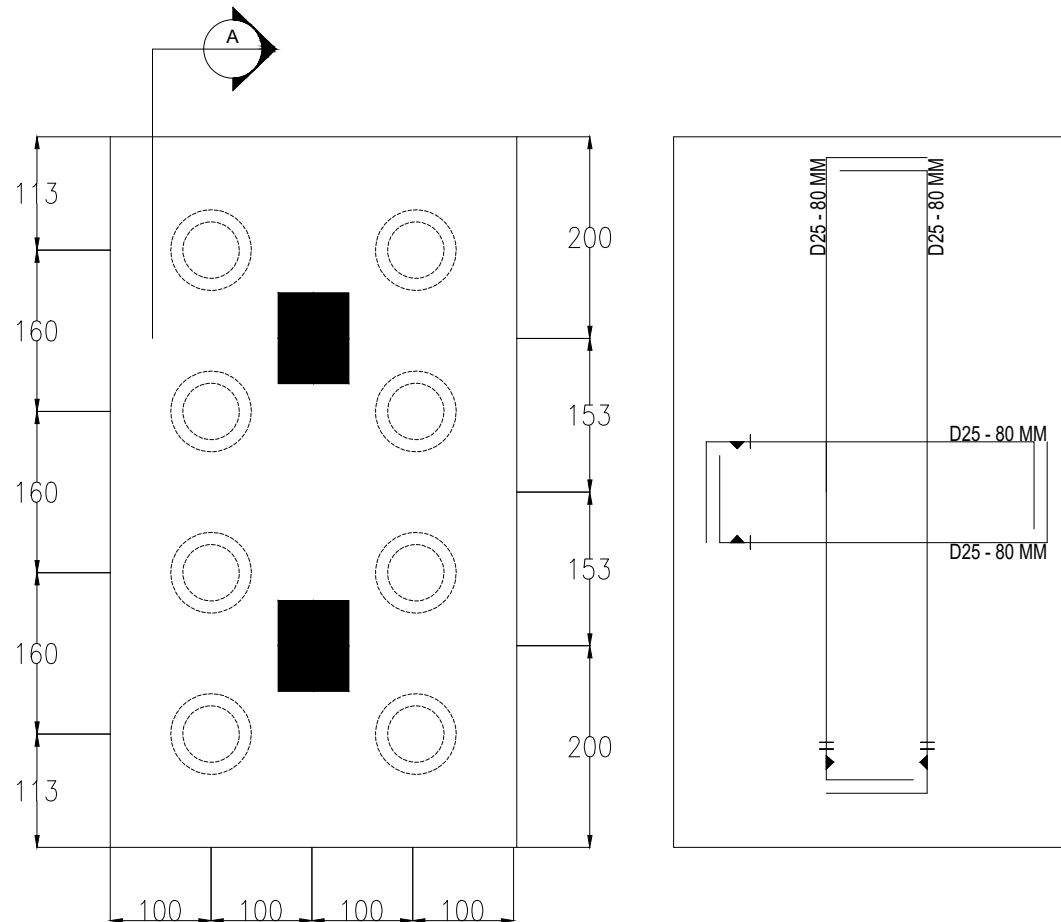
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Potongan A Poer Tipe 1  
Skala 1: 50

NO. GAMBAR

53 / 63



**PENULANGAN POER TIPE 2**

**SKALA 1 : 75**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

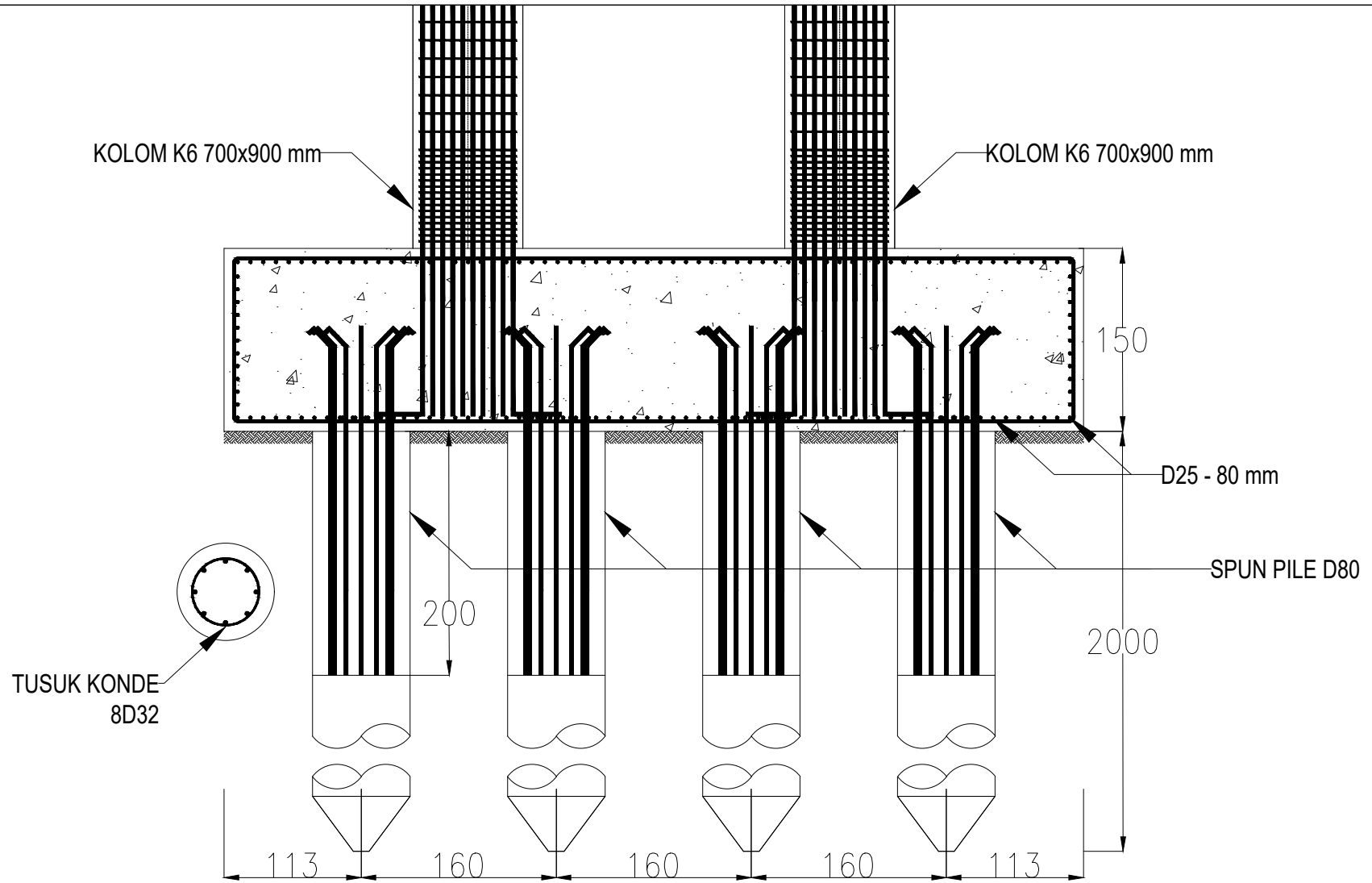
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Poer Tipe 2  
Skala 1: 75

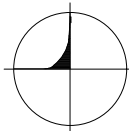
**NO. GAMBAR**

54 / 63



POTONGAN A POER TIPE 2

SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

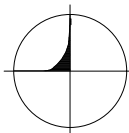
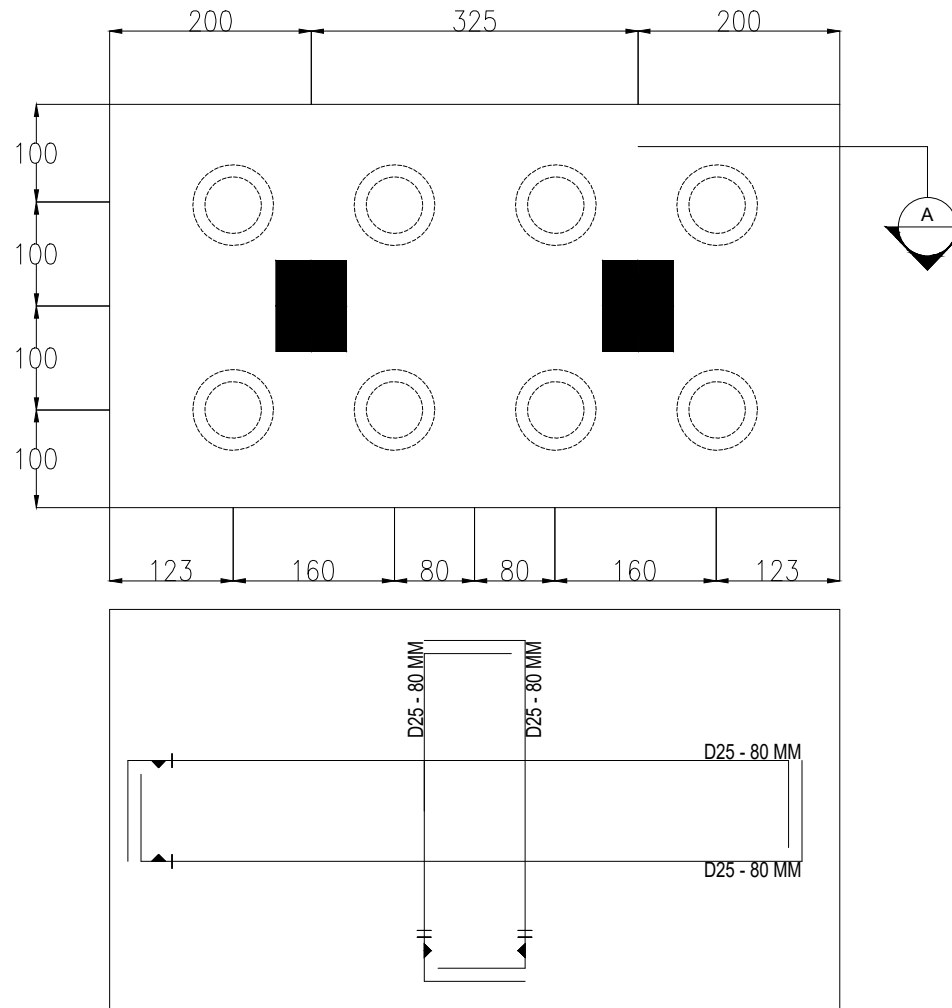
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Potongan A Poer Tipe 2  
Skala 1: 50

NO. GAMBAR

55 / 63



**PENULANGAN POER TIPE 3**

**SKALA 1 : 75**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

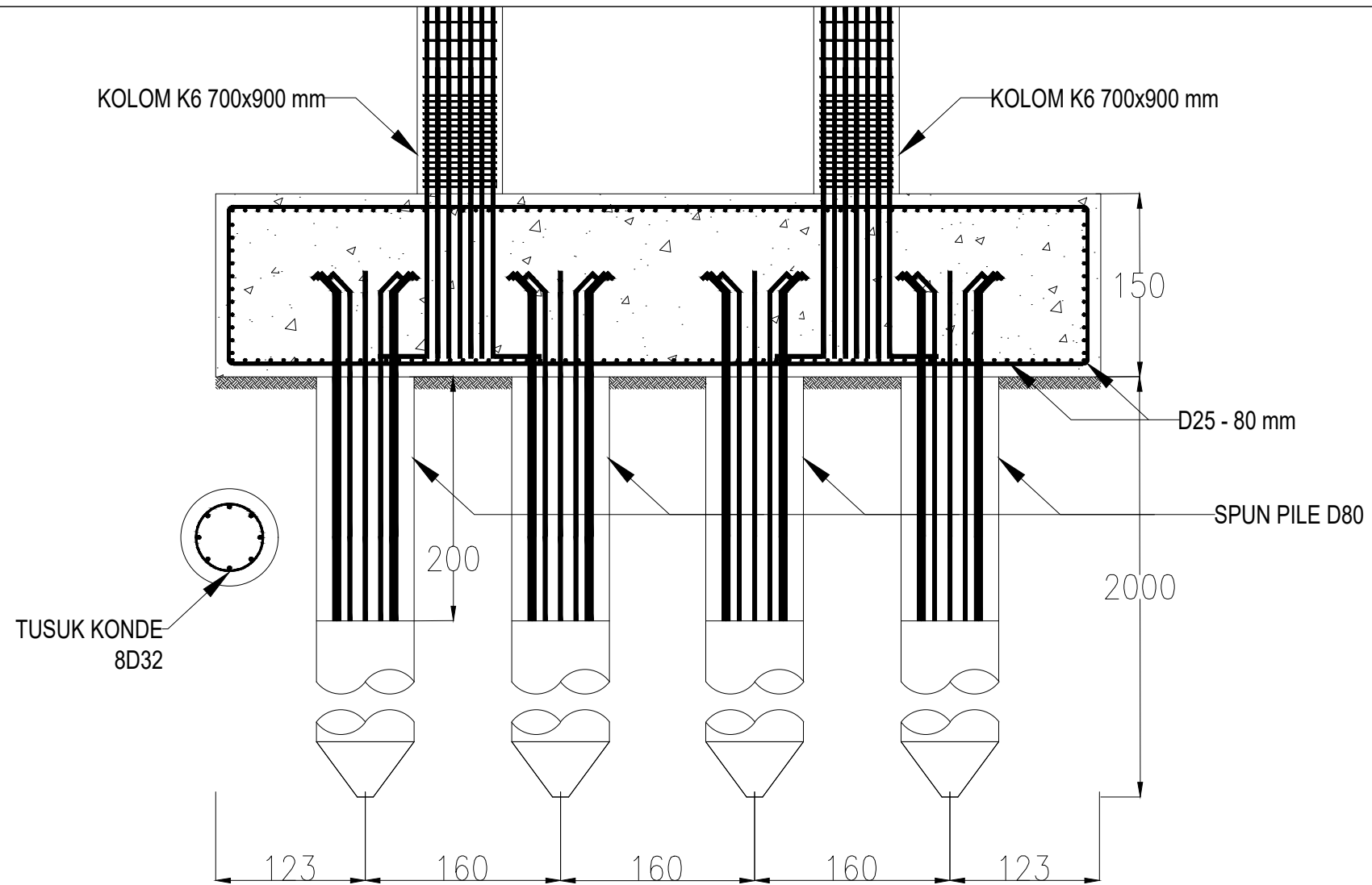
**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Poer Tipe 3  
Skala 1: 75

**NO. GAMBAR**

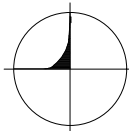
56 / 63





POTONGAN A POER TIPE 3

SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

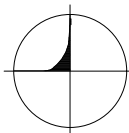
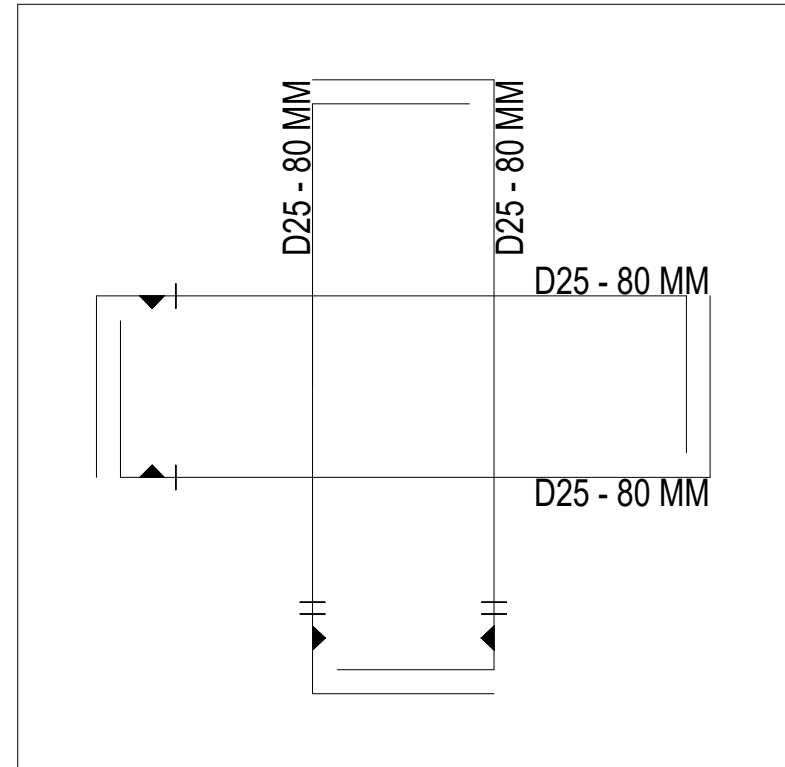
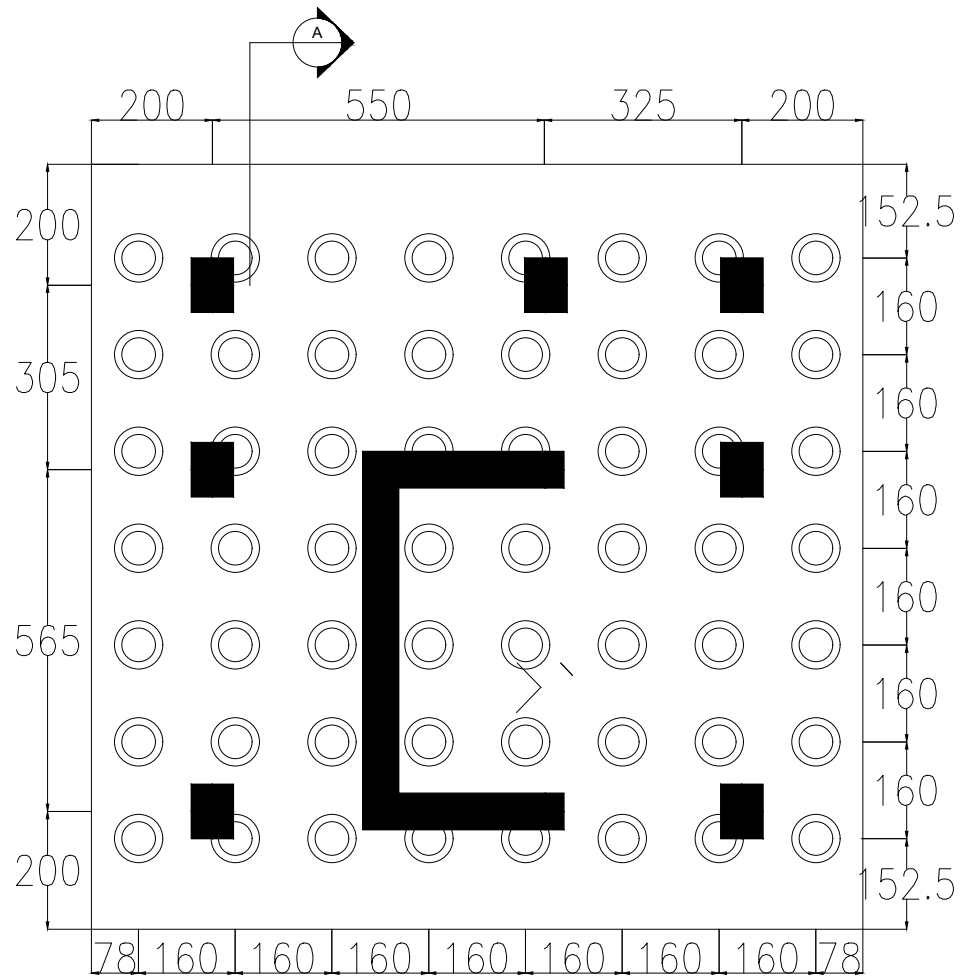
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Potongan A Poer Tipe 3  
Skala 1: 75

NO. GAMBAR

57 / 63



**PENULANGAN POER TIPE 4**

**SKALA 1 : 125**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

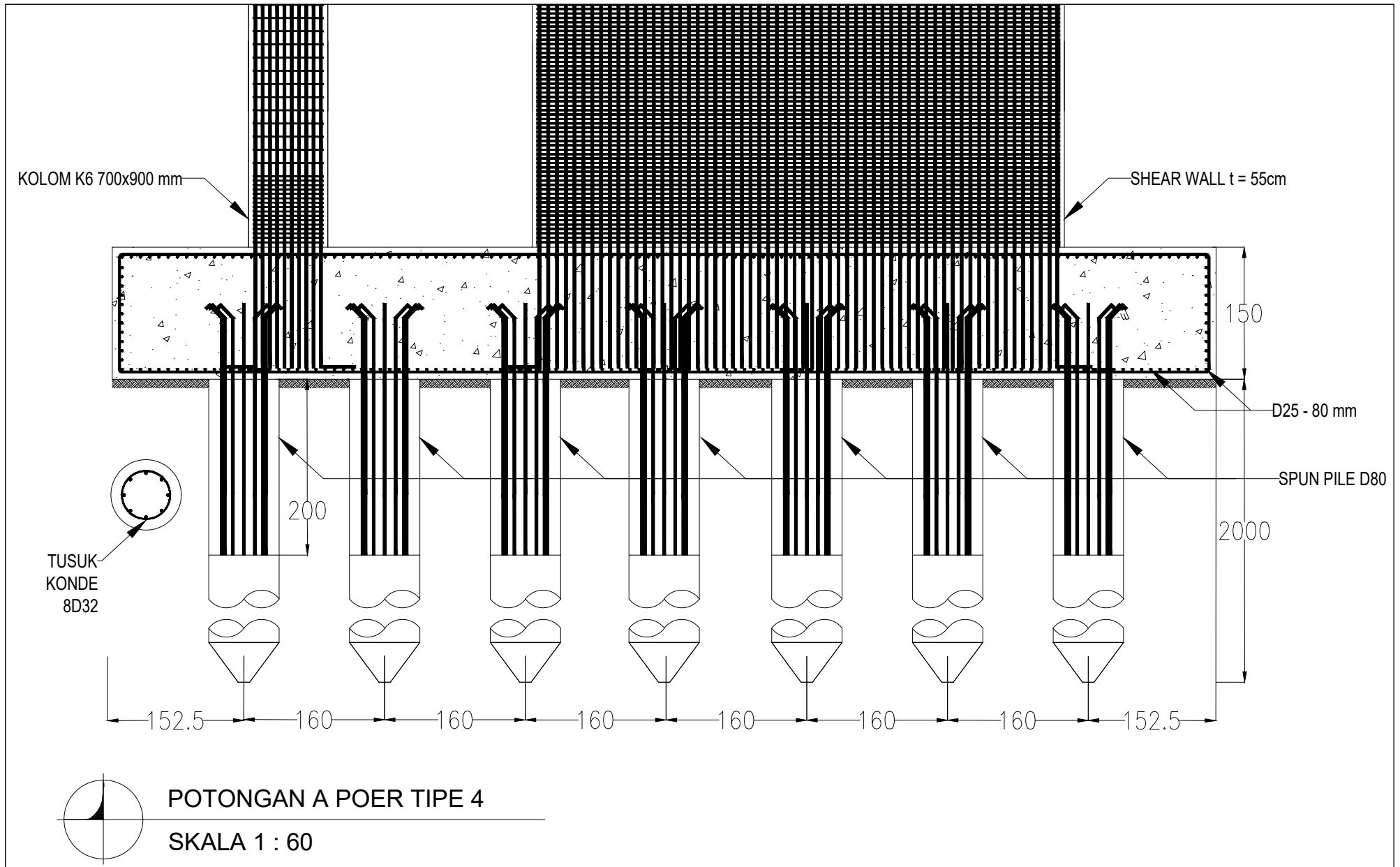
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Poer Tipe 4  
Skala 1: 125

**NO. GAMBAR**

58 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

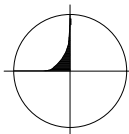
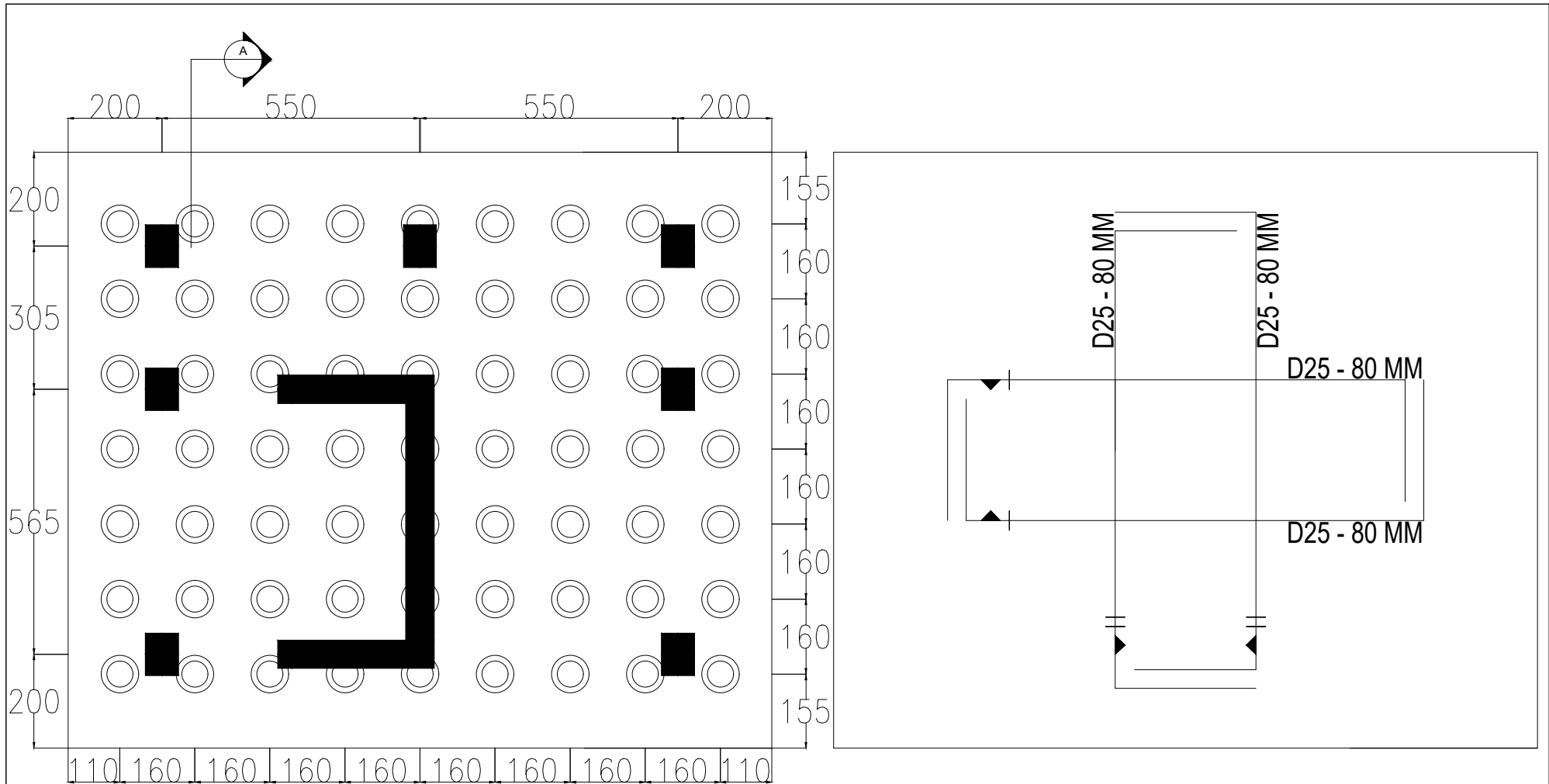
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Potongan A Poer Tipe 4  
Skala 1: 60

NO. GAMBAR

59 / 63



**PENULANGAN POER TIPE 5**

**SKALA 1 : 125**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

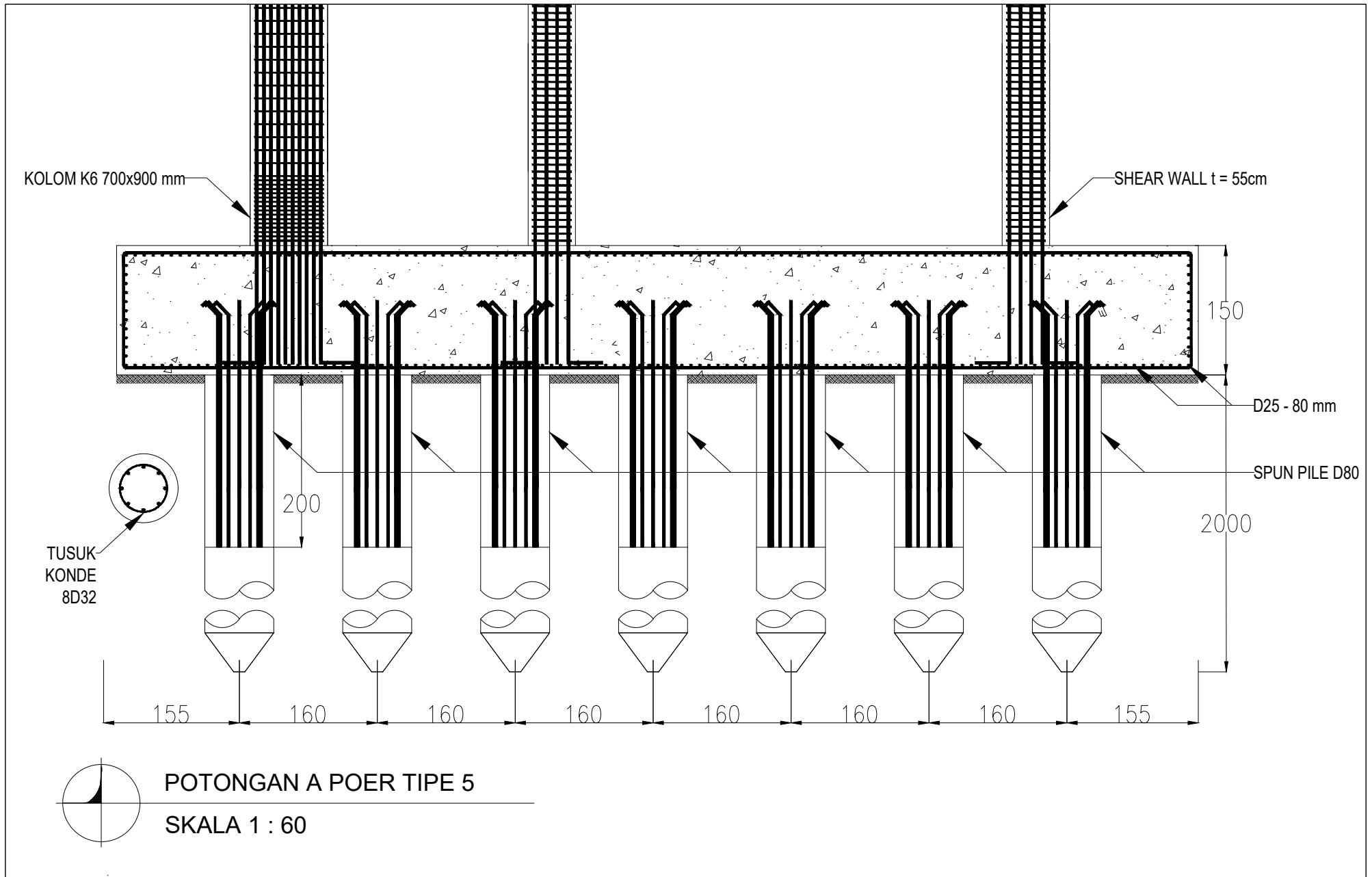
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Poer Tipe 5  
Skala 1: 125

**NO. GAMBAR**

60 / 63



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENURUT SNI 2847:2019

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

MAHASISWA

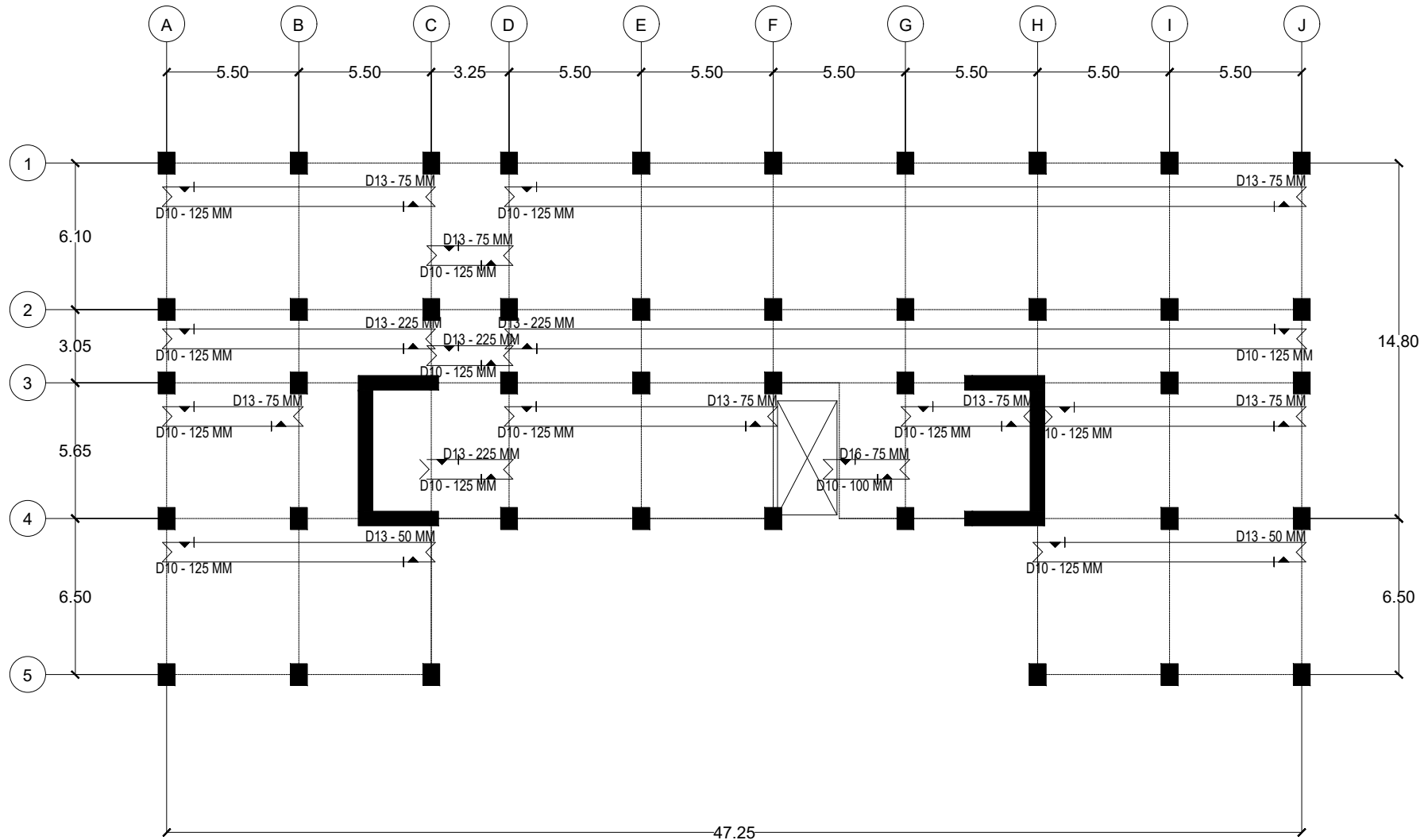
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

JUDUL GAMBAR

Potongan A Poer Tipe 5  
Skala 1: 60

NO. GAMBAR

61 / 63



**PENULANGAN PELAT BASEMENT**

**SKALA 1 : 250**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENGGUNAKAN SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

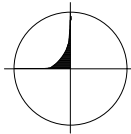
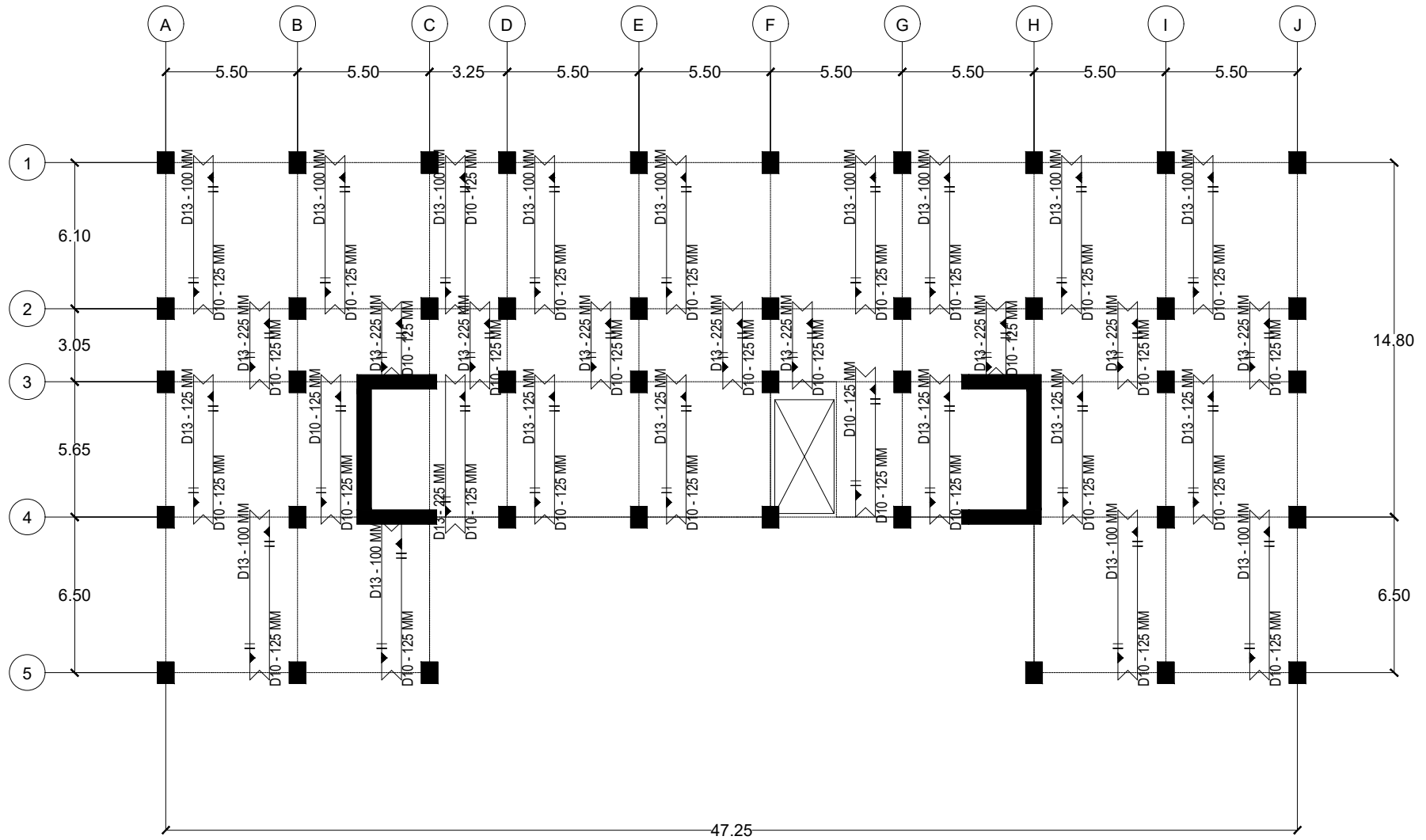
Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Pelat Basement  
Skala 1 : 250

**NO. GAMBAR**

62 / 63



**PENULANGAN PELAT BASEMENT**

**SKALA 1 : 250**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSPK  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA (TOWER C) DENGAN METODE  
BETON PRACETAK MENGGUNAKAN SNI 2847:2019

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**MAHASISWA**

Naufal Muhammad Rizky  
Sulisitio  
(0311164000012)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Pelat Basement  
Skala 1: 250

**NO. GAMBAR**

63 / 63