



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA BEKASI DENGAN SISTEM BETON  
PRACETAK**

MUHAMMAD NUR ADI PURNOMO  
NRP. 3114100133

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA BEKASI DENGAN SISTEM BETON  
PRACETAK**

MUHAMMAD NUR ADI PURNOMO  
NRP. 3114100133

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

FINAL PROJECT – RC14-1501

**STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF TAMANSARI  
ISWARA BEKASI APARTMENT USING PRECAST CONCRETE**

MUHAMMAD NUR ADI PURNOMO  
NRP. 3114100133

Supervisor  
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civing Engineering, Environement, and Soil  
Institute Technology of Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
TAMANSARI ISWARA BEKASI DENGAN SISTEM BETON  
PRACETAK**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh :

**MUHAMMAD NUR ADI PURNOMO**

NRP. 3114100133

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Ir. Djoko Wah. MS



**SURABAYA, JULI 2018**

# DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN TAMANSARI ISWARA BEKASI DENGAN SISTEM BETON PRACETAK

**Nama Mahasiswa** : Muhammad Nur Adi Purnomo  
**NRP** : 3114100133  
**Jurusan** : Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

## Abstrak

*Indonesia termasuk negara dengan jumlah dan pertumbuhan penduduk yang besar dan berpenduduk banyak. Dengan pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi maka kebutuhan akan tempat tinggal akan semakin tinggi juga, tetapi lahan untuk pembuatan tempat tinggal juga semakin sedikit terutama di Pulau Jawa, maka salah satu solusi untuk permasalahan ini adalah dengan membangun gedung apartemen sebagai tempat tinggal.*

*Dengan kemajuan teknologi beton saat ini, struktur bangunan gedung dapat dibangun dengan 2 metode alternatif, yaitu dengan metode beton konvensional (cast in place) dan beton pracetak (precast). Beton pracetak terkenal dengan kelebihanannya yaitu menggunakan lebih sedikit bekisting dan scaffolding.*

*Dalam tugas akhir ini, dilakukan modifikasi perencanaan gedung Tamansari Iswara Apartment dengan mengubah struktur beton bertulang menjadi struktur beton pracetak. Tamansari Iswara Apartment merupakan sebuah apartemen 3 tower dengan tinggi 29-34 lantai dan basement 2 lantai. Pada modifikasi perencanaan ini, gedung tersebut akan dengan tinggi 14 lantai dan 1 lantai basement dengan menggunakan balok dan pelat pracetak.*

*Dari hasil analisa yang telah dilakukan, diharapkan nantinya didapatkan kesimpulan dan keefektifan secara kekuatan*

*yang ditinjau dari perilaku struktur dan pada akhirnya dapat digunakan sebagai perencanaan.*

***Kata kunci: Beton Pracetak, Gedung Apartemen***

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF TAMANSARI  
ISWARA BEKASI APARTMENT USING PRECAST  
CONCRETE.

**Student Name** : Muhammad Nur Adi Purnomo  
**NRP** : 3114100133  
**Department** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Supervisor** : Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

**ABSTRACT**

Indonesia is a country with a high civilian number and its growth. With the growth index that rising high, then the necessity of residence is rising too, but the area to be built residence area is limited, especially at java island, then the only solution for the problem is build apartment as a residence.

With technology advancement at concrete nowadays, building structure can be built with 2 alternative methods, there are conventional method (cast in place) and precast method. Precast concrete is familiar because the advantage that is using less formwork and scaffolding.

In this final project, the writer made some design modification at tamansari iswara apartment by converting conventional reinforced concrete structure into precast concrete structure. Tamansari iswara apartment is an apartment with 3 tower, 29-34 stories and 2 basement. At this design modification, that building will have 15 stories high and 1 basement with precast plate and precast beam.

From the analysis that have been done, the writer expected that in the future obtain a conclusion and the effectivity depend on the structure behavior and at the end it can be used as a design.

**Keyword : Precast Concrete, Apartment Building**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan rahmat dan karuniaNya lah Tugas Akhir dengan judul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara Bekasi Dengan Sistem Beton Pracetak” ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu selama pengerjaan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Mama, Ayah dan Adik yang telah banyak memberi dukungan dari awal kuliah di ITS hingga menyelesaikannya.
2. Bapak Dr. Ir. Djoko Irawan, MS, selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Mudji Irmawan MS., selaku dosen wali.
4. Teman – teman Mahasiswa Teknik Sipil ITS yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Putu Radesta Mahayasa dan Tanyo Yudistira yang telah menemani dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Anisa Carina yang telah memberi dukungan dari awal kuliah di ITS hingga menyelesaikannya.
7. SAY13 yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar dimasa datang menjadi lebih baik. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>Abstrak.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.2.1    Permasalahan Utama .....	2
1.2.2    Rincian Permasalahan .....	2
1.3    Tujuan.....	3
1.3.1    Umum.....	3
1.3.2    Khusus.....	3
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat.....	3
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Umum.....	5

2.2 Beton Pracetak.....	5
2.3 Sejarah Perkembangan Sistem Pracetak.....	6
2.4 Perkembangan Sistem Beton Pracetak di Dunia .....	7
2.5 Perkembangan Sistem Beton Pracetak di Indonesia .....	8
2.8 Tinjauan Elemen Pracetak.....	9
2.8.1 Pelat.....	10
2.8.2 Balok .....	12
2.8.3 Kolom.....	13
2.9 Jenis-Jenis Sambungan Beton Pracetak.....	14
2.8 Perencanaan Sambungan.....	18
2.9 Pengangkatan dan Pemasangan Komponen Pracetak .....	19
2.9.1 Pengangkatan Balok Pracetak .....	19
2.9.2 Pengangkatan Pelat Pracetak.....	21
<b>METODOLOGI .....</b>	<b>29</b>
3.1 Umum.....	29
3.2 Bagian Alur Perencanaan .....	29
3.3 Pengumpulan Data .....	30
3.4 Studi Literatur .....	31
3.5 Pembebanan dan Permodelan Struktur.....	31
3.5.1 Beban Mati .....	31
3.5.2 Beban Hidup.....	31
3.5.3 Beban Angin.....	32
3.5.4 Beban Gempa .....	33

3.6 Kombinasi Pembebanan .....	35
3.7 Permodelan Struktur.....	36
3.8 Preliminary design.....	36
3.8.1 Dimensi Perencanaan Balok.....	36
3.8.2 Dimensi Perencanaan Pelat Lantai .....	36
3.8.3 Dimensi Perencanaan Kolom .....	37
3.8.4 Dimensi Perencanaan Dinding Geser.....	37
3.9 Perencanaan Struktur Sekunder.....	38
3.9.1 Perencanaan Pelat Lantai.....	38
3.9.2 Perencanaan Balok Anak.....	39
3.10 Sambungan Komponen Pracetak.....	41
3.10.1 Pelat Precast Pada Half Slab Precast Satu Arah .....	41
3.10.2 Sambungan Balok – Kolom .....	41
3.10.3 Sambungan Balok – Pelat.....	42
(Sumber : IBRACON Estrut. Mater. vol.5 no.3).....	43
3.10.4 Sambungan Balok Induk – Balok Anak .....	43
3.11 Perencanaan Pondasi .....	44
3.12 Gambar Teknik.....	45
<b>BAB 4.....</b>	<b>47</b>
<b>PRELIMINARY DESIGN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Data Perencanaan .....	47
4.2 Perencanaan Dimensi Balok.....	47
4.2.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk .....	47

4.2.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak .....	49
4.3 Perencanaan Tebal Pelat.....	50
4.4 Perencanaan Dimensi Kolom .....	54
4.5 Perencanaan Tebal Dinding Geser .....	59
<b>BAB 5.....</b>	<b>61</b>
<b>PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR.....</b>	<b>61</b>
5.1 Umum.....	61
5.2 Permodelan Struktur.....	61
5.3 Perhitungan Berat Struktur.....	62
5.4 Analisa Beban Gempa .....	64
5.5 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental (T) .....	68
5.6 Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear).....	70
5.7 Kontrol Sistem Ganda .....	75
5.8 Kontrol Partisipasi Massa.....	76
5.9 Kontrol Drift.....	77
<b>BAB 6.....</b>	<b>83</b>
<b>PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....</b>	<b>83</b>
6.1 Perencanaan Pelat.....	83
6.1.1 Data Perencanaan .....	83
6.1.2 Pembebanan.....	84
6.1.3 Perhitungan Tulangan Pelat.....	85
6.1.4 Penulangan Stud Pelat Lantai.....	93
6.1.5 Kontrol Lendutan .....	94

6.1.6 Perhitungan Tulangan Angkat.....	94
6.2 Perencanaan Tangga.....	98
6.2.1 Tangga Lantai 1-14 .....	98
6.2.2 Perhitungan Analisa Struktur .....	100
6.2.3 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes.....	104
6.2.2 Tangga Lantai Basement – 1 .....	111
6.3 Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	112
6.3.2 Pembebanan Balok Anak .....	112
6.3.3 Perhitungan Momen dan Gaya Geser.....	114
6.3.4 Perhitungan Tulangan Lentur dan Geser Balok Anak .....	115
6.3.6 Kontrol Lendutan .....	123
6.4 Perencanaan Balok Lift.....	123
6.4.2 Pembebanan Lift.....	125
<b>BAB 7.....</b>	<b>129</b>
<b>PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....</b>	<b>129</b>
7.1 Umum.....	129
7.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak .....	130
7.2.1 Penulangan Lentur Balok Induk Sebelum Komposit	132
7.2.2 Penulangan Lentur Balok Induk Setelah Komposit .	134
7.2.3 Penulangan Geser dan Torsi.....	140
7.2.4 Kontrol Lendutan .....	145
7.2.5 Kontrol Retak .....	146

7.2.6 Pengangkatan Balok Induk.....	147
7.3 Perencanaan Kolom.....	153
7.3.1 Kontrol Dimensi Kolom .....	153
7.3.2 Perencanaan Kolom.....	153
7.3.3 Penulangan Longitudinal Kolom.....	154
7.3.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor .....	156
7.3.5 Kontrol Kebutuhan Torsi.....	159
7.4 Perencanaan Dinding Geser .....	159
7.4.1 Gaya Geser Rencana Shear Wall.....	160
7.4.2 Kuat Aksial Rencana .....	161
7.4.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser .....	162
7.4.4 Kuat Geser Beton .....	162
7.4.5 Penulangan Geser Dinding Geser.....	163
7.4.6 Penulangan Geser Horizontal .....	164
7.4.7 Penulangan Geser Vertikal .....	165
7.4.8 Kontrol Komponen Batas.....	166
<b>BAB 8.....</b>	<b>167</b>
<b>PERENCANAAN SAMBUNGAN.....</b>	<b>167</b>
8.1 Umum.....	167
8.2 Konsep Desain Sambungan.....	167
8.3 Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom.....	168
8.3.1 Perhitungan Konsol Pada Kolom .....	168

8.3.2 Perhitungan Sambungan Balok dengan Kolom.....	171
8.4 Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak .	172
8.4.1 Perencanaan Konsol pada Balok Induk .....	172
8.3.2 Perhitungan Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	175
<b>BAB 9.....</b>	<b>181</b>
<b>PERENCANAAN PONDASI .....</b>	<b>181</b>
9.1 Umum.....	181
9.2 Beban Struktur.....	181
9.3 Kriteria Design .....	184
9.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang.....	184
9.3.2 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	185
9.3.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok .....	190
9.3.4 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang .....	191
9.3.5 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang .....	193
9.3.6 Perencanaan Poer Pada Kolom.....	196
9.3.7 Penulangan Poer .....	199
9.4 Perencanaan Sloof .....	202
9.4.1 Penulangan Lentur Sloof.....	203
9.4.2 Penulangan Geser Sloof .....	206
9.5 Perencanaan Dinding Penahan Tanah .....	206
<b>BAB 10.....</b>	<b>213</b>
<b>METODE PEKERJAAN.....</b>	<b>213</b>

10.1 Umum.....	213
10.2 Fabrikasi Beton Pracetak.....	213
10.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane.....	213
10.5 Metode Pekerjaan Elemen Pracetak .....	216
10.5.1 Penyambungan Balok Induk Pracetak.....	216
10.5.2 Pemasangan Balok Anak Pracetak.....	216
10.5.3 Pemasangan Pelat Pracetak .....	216
<b>BAB 11.....</b>	<b>217</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>217</b>
11.1 Kesimpulan.....	217
11.2 Saran.....	220
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>221</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pelat pracetak berlubang (Hollow Core Slab).....	11
Gambar 2.2 Pelat pracetak tanpa lubang ( <i>Solid Slab</i> ).....	11
Gambar 2.3 Pelat pracetak <i>Double Tee</i> .....	12
Gambar 2.4 Balok berpenampang persegi (Rectangular Beam) .	12
Gambar 2.5 Balok berpenampang L (Ledger Beam) .....	13
Gambar 2.6 Balok T terbalik (Inverted Tee Beam) .....	13
Gambar 2.7 Sambungan Cor Setempat ( <i>In Situ Concrete Joints</i> )	15
Gambar 2.8 <i>Pre-Packed Aggregate</i> .....	16
Gambar 2.9 Sambungan Las.....	17
Gambar 2.10 Sambungan Baut .....	18
Gambar 2.11 Dua Titik Angkat .....	20
Gambar 2.12 Empat Titik Angkat .....	21
Gambar 2.13 Empat Titik Angkat .....	22
Gambar 2.14 Delapan Titik Angkat.....	23
Gambar 2.15 Gaya pada garis angkat.....	25
Gambar 2.16 Momen akibat gaya angkat eksentris.....	25
Gambar 2.17 Pengaturan untuk menyamakan beban angkat ....	26
Gambar 2.18 Kait pengangkat.....	27
Gambar 2.19 Penggunaan balok penyebar .....	28
Gambar 3.1 Diagram Alur Perencanaan.....	29
Gambar 3.2 Detail Konsol Pendek untuk Sambungan Balok - Kolom .....	42
Gambar 3.3 Sambungan Balok – Pelat .....	43
Gambar 3.4 Sambungan Balok Induk – Balok Anak .....	43
Gambar 4.1 Denah Pelat .....	51
Gambar 4.2 Potongan Penampang Balok Induk 5 (BI.5) 25/25cm .....	52
Gambar 5.1 Permodelan Struktur Pada Etabs (Gedung A) .....	62

Gambar 5.2 Permodelan Struktur Pada Etabs (Gedung B) .....	62
Gambar 5.3 Peta Harga Ss di Indonesia .....	65
Gambar 5.4 Peta Harga S1 di Indonesia .....	65
Gambar 5.5 Grafik Respon Spektrum Daerah .....	67
Gambar 6.1 Denah Pelat .....	86
Gambar 6.2 Posisi Titik Angkat Pelat.....	88
Gambar 6.3 Posisi Titik Angkat Pelat.....	96
Gambar 6.4 Reaksi Akibat Pengangkatan .....	97
Gambar 6.5 Desain Tangga.....	98
Gambar 6.6 Gaya Dalam Bidang N (1) Bidang D (2) Bidang M (3) .....	103
Gambar 6.7 Posisi Titik Angkat Pelat.....	109
Gambar 6.8 Reaksi Akibat Pengangkatan .....	110
Gambar 6.9 Momen Saat Pengangkatan Balok Anak.....	120
Gambar 6. 10 Ruang Lift.....	124
Gambar 7.1 Denah Struktur .....	129
Gambar 7.2 Momen Saat Pengangkatan Balok Induk.....	147
Gambar 7.3 Denah Kolom .....	154
Gambar 7.4 Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom ...	155
Gambar 7.5 Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada Kolom saat 1,25 fy.....	157
Gambar 7.6 Denah Shearwall.....	160
Gambar 8.1 Detail Konsol Pendek.....	168
Gambar 8.2 Detail Penyaluran Tulangan.....	172
Gambar 8.3 Pemasangan BECO Beam Shoe.....	175
Gambar 8.4 Detail Sambungan Balok Anak – Balok Induk .....	179
Gambar 9.1 Denah Pondasi.....	181
Gambar 9. 2 Hasil Analisa sloof pada spColumn .....	204
Gambar 9.3 Penulangan longitudinal pada sloof .....	205
Gambar 9.4 Denah Dinding Penahan Tanah .....	206
Gambar 9.5 Potongan Dinding Penahan Tanah .....	207

Gambar 9.6 Tegangan Tanah dan Air .....	209
Gambar 9.7 Konstruksi Dinding Penahan Tanah.....	210
Gambar 10.1 Layout Crane.....	215

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Metode Penyambungan.....	19
Tabel 2.2 Angka pengali Beban statis ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis .....	24
Tabel 3.1 Klasifikasi Situs.....	34
Tabel 3.2 Faktor Untuk Sistem Penahan Gempa.....	35
Tabel 3.3 Tebal Minimum Pelat Satu Arah.....	41
Tabel 4.1 Rekapitulasi Balok Induk Rencana .....	50
Tabel 4.2 Rekapitulasi Balok Anak Rencana .....	50
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Pelat Rencana.....	53
Tabel 4.4 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 11-Atap .....	55
Tabel 4.5 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 6 - 10 .....	56
Tabel 4.6 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 1 - 5 .....	57
Tabel 4.7 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai Basement.....	58
Tabel 4.8 Rekapitulasi Dimensi Kolom .....	59
Tabel 5.1 Rekap Pembebanan Gravitasi (Gedung A).....	63
Tabel 5.2 Rekap Pembebanan Gravitasi (Gedung B).....	63
Tabel 5.3 Pembebanan Gravitasi pada Etabs (Gedung A).....	64
Tabel 5.4 Pembebanan Gravitasi pada Etabs (Gedung B).....	64
Tabel 5.5 Koefisien Situs $F_a$ .....	65
Tabel 5.6 Koefisien Situs $F_v$ .....	66
Tabel 5.7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik .....	67
Tabel 5.8 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	67
Tabel 5.9 Koefisien Batas Atas Periode Gedung.....	68
Tabel 5.10 Modal Periode dan Frekuensi Gedung A .....	69
Tabel 5.11 Modal Periode dan Frekuensi Gedung B .....	69
Tabel 5.12 Berat Efektif Gedung A .....	71

Tabel 5.13 Berat Efektif Gedung B .....	71
Tabel 5.14 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Gedung A.....	72
Tabel 5.15 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah di Berikan Faktor Skala (Gedung A) .....	73
Tabel 5.16 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Gedung B .....	74
Tabel 5.17 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah di Berikan Faktor Skala (Gedung B) .....	74
Tabel 5.18 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y (Gedung A) .....	75
Tabel 5.19 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y (Gedung B) .....	76
Tabel 5.20 Modal Partisipasi Massa (Gedung A) .....	76
Tabel 5.21 Modal Partisipasi Massa (Gedung B) .....	77
Tabel 5.22 Rumus Untuk Kontrol Drift .....	78
Tabel 5.23 Gempa Arah X (Gedung A).....	79
Tabel 5.24 Gempa Arah Y (Gedung A).....	79
Tabel 5.25 Gempa Arah X (Gedung B).....	80
Tabel 5.26 Gempa Arah Y (Gedung B).....	80
Tabel 6.1 Spesifikasi Lifting Tools Peikko .....	95
Tabel 6.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat .....	98
Tabel 6.3 Spesifikasi Lifting Tools Peikko .....	108
Tabel 6.4 Brosur Produk Peikko .....	122
Tabel 6.5 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak.....	123
Tabel 6.6 Spesifikasi Lift .....	124
Tabel 7.1 Nilai Mpr Balok Induk .....	140
Tabel 7.2 Brosur Produr Peikko .....	149
Tabel 7.3 Rekapitulasi Balok Induk.....	151
Tabel 7.4 Rekapitulasi Balok Induk.....	152
Tabel 7.5 Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS) .....	161
Tabel 8.1 Dimensi BECO Beam Shoe Digunakan Beco Beam Shoe 39H dan Copra L39H.....	176

Tabel 8.2 Dimensi BECO Beam Shoe .....	177
Tabel 8.3 Dimensi COPRA Anchor .....	178
Tabel 9. 1 Output Joint Reaction Tipe 1 .....	182
Tabel 9.2 Output Joint Reaction Tipe 2 .....	182
Tabel 9.3 Output Joint Reaction Tipe 3 .....	183
Tabel 9.4 Output Joint Reaction Tipe 4 .....	183
Tabel 9.5 Output Joint Reaction Tipe 5 .....	183
Tabel 9.6 Spesifikasi Tiang Pancang .....	184
Tabel 9.7 Hasil SPT.....	188
Tabel 9.8 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 1 .....	189
Tabel 9.9 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 2 .....	189
Tabel 9.10 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 3 .....	189
Tabel 9.11 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 4 .....	190
Tabel 9.12 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 5 .....	190
Tabel 9.13 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 1 .....	192
Tabel 9.14 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 2 .....	192
Tabel 9.15 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 3 .....	193
Tabel 9.16 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 4 .....	193
Tabel 9.17 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 5 .....	193
Tabel 9.18 Rekapitulasi kontrol tiang pancang terhadap momen .....	194
Tabel 9.19 Rekapitulasi Tulangan Poer .....	202
Tabel 9.20 Data Tanah.....	207
Tabel 9.21 Rekapitulasi Tekanan Tanah Aktif.....	208
Tabel 9.22 Rekapitulasi Tekanan Tanah Pasif .....	208
Tabel 9.23 Momen yang terjadi akibat tekanan tanah aktif .....	209
Tabel 9.24 Momen yang terjadi akibat tekanan tanah pasif.....	209
Tabel 9.25 Rekapitulasi Gaya yang Terjadi pada Konstruksi Dinding Penahan Tanah .....	210
Tabel 10.1 Brosur Manitowoc Crane Group.....	214
Tabel 11.1 Dimensi Struktur Sekunder.....	217

Tabel 11.2 Dimensi Struktur Primer .....	218
--	-----

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk negara dengan jumlah dan pertumbuhan penduduk yang besar dan berpenduduk banyak. Dengan pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi maka kebutuhan akan tempat tinggal akan semakin tinggi juga, tetapi lahan untuk pembuatan tempat tinggal juga semakin sedikit terutama di Pulau Jawa, maka salah satu solusi untuk permasalahan ini adalah dengan membangun gedung apartemen sebagai tempat tinggal.

Dengan kemajuan teknologi beton saat ini, struktur bangunan gedung dapat dibangun dengan 2 metode alternatif, yaitu dengan metode beton konvensional (*cast in place*) dan beton pracetak (*precast*). Beton pracetak terkenal dengan kelebihanannya yaitu menggunakan lebih sedikit bekisting dan scaffolding. Selain itu, waktu pelaksanaan di lapangan untuk konstruksi beton pracetak bisa mencapai 20% lebih cepat dibandingkan dengan konstruksi yang sama menggunakan beton konvensional (Vidjeapriya dkk, 2013).

Karena elemen-elemen beton pracetak diproduksi di pabrik, maka kualitas beton bisa lebih terjamin, hasil akhir elemen beton yang pada kualitas tinggi, dan proses produksi yang tidak ditentukan oleh kondisi cuaca. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan di lapangan juga lebih sedikit, penghematan tenaga kerja sekitar 50- 80% untuk pekerjaan beton pracetak dibandingkan dengan beton konvensional (Vidjeapriya dkk, 2013).

Gedung Tamansari Iswara Apartment merupakan sebuah gedung berbentuk asimetris dengan tinggi tower yang tertinggi adalah 34 lantai dengan 3 stage tower, yaitu menjadi 1 tower di lantai 1 sampai dengan lantai 3, lalu di lantai 4 sampai lantai 25 menjadi 2 tower, lalu stage terakhir pada lantai 26 sampai dengan lantai 34 menjadi 3 tower. Serta gedung ini juga memiliki roof garden pada lantai 3 dan lantai 25. Pada lantai 2 juga terdapat kolam renang yang cukup besar.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan modifikasi perencanaan gedung Tamansari Iswara Apartment dengan mengubah struktur beton bertulang menjadi struktur beton pracetak. Tamansari Iswara Apartment merupakan sebuah apartemen 3 tower dengan tinggi 29-34 lantai dan basement 2 lantai. Pada modifikasi perencanaan ini, gedung tersebut akan dengan tinggi 12 lantai dan 1 lantai basement dengan menggunakan balok dan pelat pracetak. Untuk bagian kolom dan shear wall akan tetap menggunakan beton bertulang.

## 1.2 Rumusan Masalah

### 1.2.1 Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan struktur gedung Tamansari Iswara Apartment menggunakan sistem pracetak pada balok dan pelatnya?

### 1.2.2 Rincian Permasalahan

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Tamansari Iswara Apartment?
2. Bagaimana menghitung pembebanan yang terjadi?
3. Bagaimana merencanakan struktur utama dan struktur sekunder?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu?
5. Bagaimana merencanakan sambungan pada struktur?
6. Bagaimana merencanakan *basement* dan pondasi yang sesuai dengan keadaan tanahnya?

7. Bagaimana mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik?

### 1.3 Tujuan

#### 1.3.1 Umum

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah merencanakan gedung apartemen Tamansari Iswara dengan sistem pracetak pada balok dan pelatnya.

#### 1.3.2 Khusus

1. Menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Tamansari Iswara Apartment
2. Menghitung pembebanan yang terjadi
3. Merencanakan struktur utama dan struktur sekunder
4. Memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu
5. Merencanakan sambungan pada struktur
6. Merencanakan *basement* dan pondasi yang sesuai dengan keadaan tanahnya
7. Mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik

### 1.4 Batasan Masalah

1. Perencanaan tidak menghitung analisa biaya dan waktu.
2. Tidak mempertimbangan sistem sanitasi, *mechanical plumbing*, utilitas bangunan, dan *finishing*.
3. Tidak meninjau dari segi arsitektur.
4. Perancangan elemen struktur pracetak hanya pada bagian balok induk, balok anak, tangga, dan pelat.

### 1.5 Manfaat

1. Menambah wawasan dan dapat mengaplikasikan teori yang didapat selama kuliah.
2. Sebagai bahan pertimbangan untuk perencanaan gedung dengan sistem pracetak.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Struktur bangunan merupakan sarana untuk menyalurkan beban yang diakibatkan penggunaan dan atau kehadiran bangunan di atas tanah. Struktur terdiri dari unsur-unsur atau elemen-elemen yang terintegrasi dan berfungsi sebagai satu kesatuan utuh untuk menyalurkan semua jenis beban yang diantisipasi ke tanah.

Struktur beton bertulang yang dicor ditempat cenderung bersifat monolit dan menerus. Sebaliknya, struktur pracetak terdiri dari sejumlah komponen yang dibuat di pabrik, kemudian disambung di lokasi bangunan sampai akhirnya membentuk struktur utuh. Pada struktur pracetak, hubungan yang menghasilkan kontinuitas dengan memakai bantuan perangkat keras khusus, batang tulangan dan beton untuk menyalurkan semua tegangan tarik, tekan dan geser disebut sambungan keras (Winter dan Wilson, 1993, h.519).

Perencanaan komponen struktur beton pracetak dan sambungannya harus mempertimbangkan semua kondisi pembebanan dan kekangan deformasi mulai dari saat fabrikasi awal hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpangan, pengangkutan dan pemasangan.

#### **2.2 Beton Pracetak**

Sistem fabrikasi dalam pembuatan struktur beton bertulang dikenal dengan sistem pracetak. Definisi beton pracetak menurut SNI 2847:2013 adalah elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Pada dasarnya beton pracetak tidaklah berbeda dengan beton biasa. Yang membedakan hanyalah pada metode fabrikasinya.

Sebagian besar dari elemen struktur pracetak diproduksi di tempat tertentu (fabrikasi) dilanjutkan dengan proses pengangkutan beton pracetak ke lokasi (transportasi). Komponen-komponen tersebut dipasang sesuai keberadaannya sebagai komponen struktur dari sistem struktur beton (ereksi).

### 2.3 Sejarah Perkembangan Sistem Pracetak

Beton adalah material konstruksi yang banyak dipakai di Indonesia, jika dibandingkan dengan material lain seperti kayu dan baja. Hal ini bisa dimaklumi, karena bahan-bahan pembentukannya mudah terdapat di Indonesia, cukup awet, mudah dibentuk dan harganya relatif terjangkau. Ada beberapa aspek yang dapat menjadi perhatian dalam sistem beton konvensional, antara lain waktu pelaksanaan yang lama dan kurang bersih, kontrol kualitas yang sulit ditingkatkan serta bahan-bahan dasar cetakan dari kayu dan triplek yang semakin lama semakin mahal dan langka.

Konstruksi beton pracetak telah mengalami perkembangan yang sangat pesat di dunia, termasuk di Indonesia dalam dekade terakhir ini, karena sistem ini mempunyai banyak keunggulan dibanding sistem konvensional. Khusus di bidang gedung bertingkat medium seperti Rumah Susun Sederhana, Sistem Pracetak telah terbukti dapat mendukung pembangunan rumah susun dan rumah sederhana yang berkualitas, cepat dan ekonomis. Sinergi antara pemerintah, perguruan tinggi, peneliti, penemu, lembaga penelitian, dan industri pada bidang ini telah menghasilkan puluhan sistem bangunan baru hasil karya putra-putra bangsa yang telah dipatenkan dan diterapkan secara aktif (Nurjaman dan Sidjabat, 2010).

Sistem beton pracetak adalah metode konstruksi yang mampu menjawab kebutuhan di era millennium baru ini. Pada dasarnya sistem ini melakukan pengecoran komponen di tempat khusus di permukaan tanah (fabrikasi), lalu dibawa ke lokasi

(transportasi) untuk disusun menjadi suatu struktur utuh (ereksi). Keunggulan sistem ini, antara lain mutu yang terjamin, produksi cepat dan massal, pembangunan yang cepat, ramah lingkungan dan rapi dengan kualitas produk yang baik.

Sistem pracetak telah banyak diaplikasikan di Indonesia, baik yang sistem dikembangkan di dalam negeri maupun yang didatangkan dari luar negeri. Biasanya sistem pracetak yang berbentuk komponen, seperti tiang pancang, balok jembatan, kolom plat pantai.

#### 2.4 Perkembangan Sistem Beton Pracetak di Dunia

Sistem pracetak jaman modern berkembang mula-mula di Negara Eropa. Struktur pracetak pertama kali digunakan adalah sebagai balok beton precetak untuk Casino di Biarritz, yang dibangun oleh kontraktor Coignet, Paris 1891. Pondasi beton bertulang diperkenalkan oleh sebuah perusahaan Jerman, Wayss & Freytag di Hamburg dan mulai digunakan tahun 1906. Tahun 1912 beberapa bangunan bertingkat menggunakan sistem pracetak berbentuk komponen-komponen, seperti dinding, kolom dan lantai yang diperkenalkan oleh John.E.Conzelmann. Struktur komponen pracetak beton bertulang juga diperkenalkan di Jerman oleh Philip Holzmann AG, Dyckerhoff & Widmann G Wayss & Freytag KG, Prteussag, Loser dll.

Sistem pracetak tahan gempa dipelopori pengembangannya di Selandia Baru. Amerika dan Jepang yang dikenal sebagai Negara maju di dunia, ternyata baru melakukan penelitian intensif tentang sistem pracetak tahan gempa pada tahun 1991. Dengan membuat program penelitian bersama yang dinamakan PRESS (*Precast Seismic Structure System*).

## 2.5 Perkembangan Sistem Beton Pracetak di Indonesia

Indonesia telah mengenal sistem pracetak yang berbentuk komponen, seperti tiang pancang, balok jembatan, kolom dan plat lantai sejak tahun 1970an. Sistem pracetak semakin berkembang dengan ditandai munculnya berbagai inovasi seperti Sistem *Column Slab* (1996), Sistem *L-Shape Wall* (1996), Sistem *All Load Bearing Wall* (1997), Sistem *Beam Column Slab* (1998), Sistem *Jasubakim* (1999), Sistem *Bresphaka* (1999) dan sistem *T-Cap* (2000).

Di Indonesia bangunan pracetak sering digunakan untuk pembangunan rumah susun sewa (rusunawa) Sehubungan dengan adanya Program Percepatan Pembangunan Rumah Susun yang digagas Pemerintah pada tahun 2006, para pihak yang terkait dengan industri pracetak pada tahun 2007 telah mengembangkan dan menguji tahan gempa sistem pracetak untuk rumah susun sederhana bertingkat tinggi yang telah siap digunakan untuk mendukung program tersebut.

Sistem pracetak telah terbukti dapat mendukung pembangunan rumah susun dan rumah sederhana yang berkualitas, cepat dan ekonomis. Sinergi antara pemerintah, perguruan tinggi, peneliti, penemu, lembaga penelitian, dan industri pada bidang ini telah menghasilkan puluhan sistem bangunan baru hasil karya putra-putra bangsa yang telah dipatenkan dan diterapkan secara aktif.

Penerapan sistem pracetak untuk bangunan rusuna bertingkat tinggi pertama kali dilakukan pada rusunami Pulogebang. Saat ini sudah ada rusunami bertingkat 16 lantai. Pada kawasan Pulogebang juga dibangun Kawasan Sentra Timur dengan berpusat pada hunian rusuna 20 – 24 lantai (Nurjaman dan Sidjabat,2010).

Permasalahan mendasar dalam perkembangan sistem pracetak di Indonesia saat ini adalah :

1. Sistem ini relatif baru.
2. Kurang tersosialisasikan jenisnya, produk dan kemampuan sistem pracetak yang telah ada.
3. Keandalan sambungan antar komponen untuk sistem pracetak terhadap beban gempa.
4. Belum adanya pedoman resmi mengenai tatacara analisis, perencanaan serta tingkat kendalan khusus untuk sistem pracetak yang dapat dijadikan pedoman bagi pelaku konstruksi.

## 2.7 Sistem Struktur Gedung

Sistem struktur yang digunakan pada bangunan eksisting adalah sistem ganda yang dimaksud dengan sistem ganda adalah gabungan antara sistem rangka pemikul momen yang dikombinasi dengan shear wall kedua sistem ini akan bekerja bersamaan untuk memikul beban gempa yang terjadi. Pada sistem ini beban lateral yang diakibatkan dari beban gempa dipikul bersama dengan ketentuan sistem rangka pemikul momen memikul sedikitnya 25% dari gaya lateral yang terjadi sedangkan shear wall memikul paling banyak 75% dari gaya lateral yang bekerja, untuk dapat memenuhi syarat tersebut maka diharuskan didesain agar perilaku struktur dapat sesuai dengan syarat yang telah ditentukan (Badan Standarisasi Nasional, 2013).

Dengan menggunakan sistem ganda dimana sebagian besar gaya lateral dipikul oleh shear wall maka dimensi elemen rangka utama dapat diperkecil sehingga perancangan struktur bisa lebih efisien dan ekonomis. Berdasarkan keuntungan yang ada diatas maka modifikasi struktur akan tetap menggunakan sistem struktur ganda.

## 2.8 Tinjauan Elemen Pracetak

Seperti yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya, pembuatan beton pracetak dilakukan di lokasi proyek ataupun di

luar lokasi proyek seperti pabrik. Untuk itu, agar elemen pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, hendaknya perencana mengetahui macam-macam elemen struktur beton pracetak yang umum digunakan dan diproduksi saat ini.

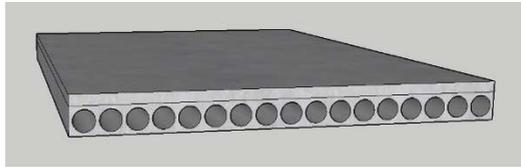
### 2.8.1 Pelat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut (Kalingga, 2015). Pada waktu pengangkutan pelat beton pracetak atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit.

Dalam *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada tiga macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

#### 1. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

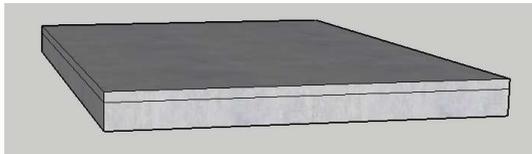
Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inci hingga 16 inci.



Gambar 2.1 Pelat pracetak berlubang (Hollow Core Slab)

## 2. Pelat Pracetak tanpa Lubang (*Solid Slabs*)

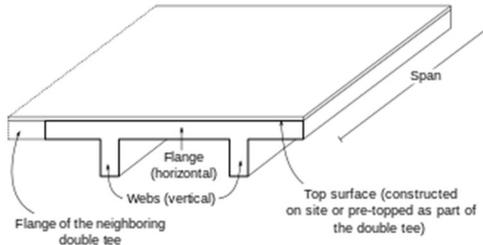
Adalah pelat pracetak dimana tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat lebih tebal dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan lebar rata-rata 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 8 inchi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 10 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.



Gambar 2.2 Pelat pracetak tanpa lubang (*Solid Slab*)

## 3. Pelat Pracetak *Double Tee*

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung.



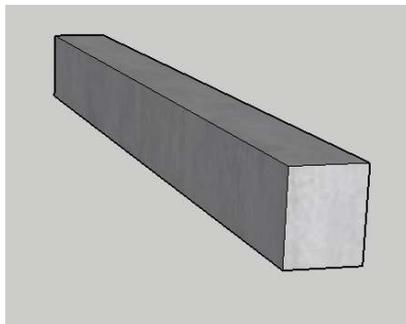
Gambar 2.3 Pelat pracetak *Double Tee*  
(Sumber: revolv.com)

### 2.8.2 Balok

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

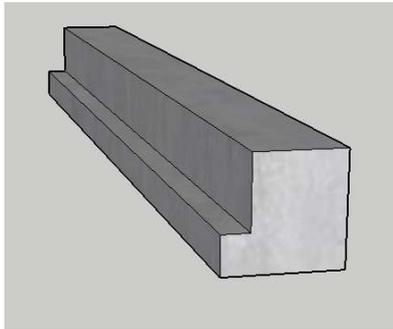
#### 1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

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



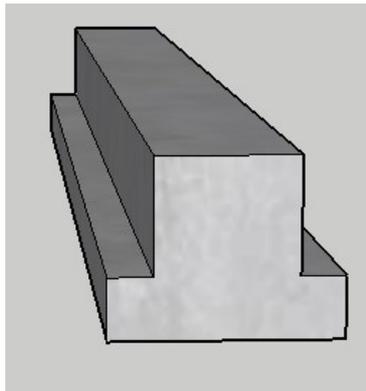
Gambar 2.4 Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

## 2. Balok berpenampang L (*Ledger Beam*)



Gambar 2.5 Balok berpenampang L (*Ledger Beam*)

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



Gambar 2.6 Balok T terbalik (*Inverted Tee Beam*)

### 2.8.3 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai

yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

Dalam perencanaan tugas akhir ini tidak mengaplikasikan kolom pracetak namun menggunakan kolom cor di tempat (metode konvensional) yang menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang memiliki tulangan pokok memanjang (tulangan longitudinal), yang pada jarak tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral (tulangan transversal). Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

## 2.9 Jenis-Jenis Sambungan Beton Pracetak

Pada konstruksi pracetak, sambungan yang biasa digunakan adalah metode sambungan basah dan metode sambungan kering. Metode sambungan basah adalah metode penyambungan komponen beton pracetak di mana sambungan tersebut baru dapat berfungsi secara efektif setelah beberapa waktu tertentu. Yang termasuk dalam jenis ini adalah sambungan *in situ concrete joints* (Ervianto 2006).

Metode sambungan kering adalah metode penyambungan komponen beton pracetak di mana sambungan tersebut dapat segera berfungsi secara efektif. Yang termasuk dalam metode ini adalah alat sambung berupa las dan baut (Ervianto 2006).

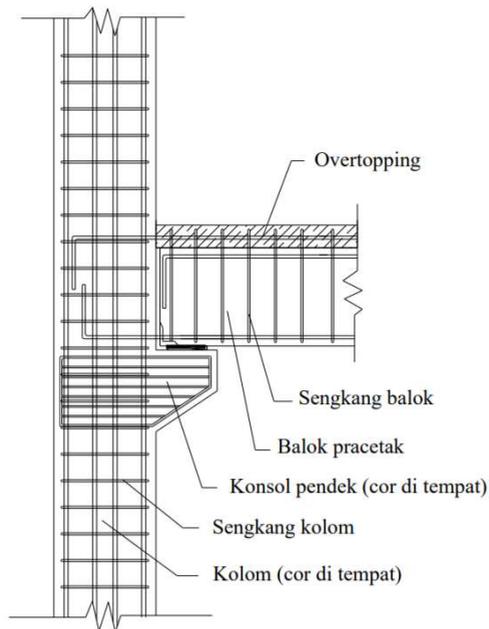
### a. Sambungan Basah

Sambungan basah dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

#### 1. *In Situ Concrete Joints*

Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Sambungan jenis

ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding menggunakan sambungan jenis lain. Dalam perancangan ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.

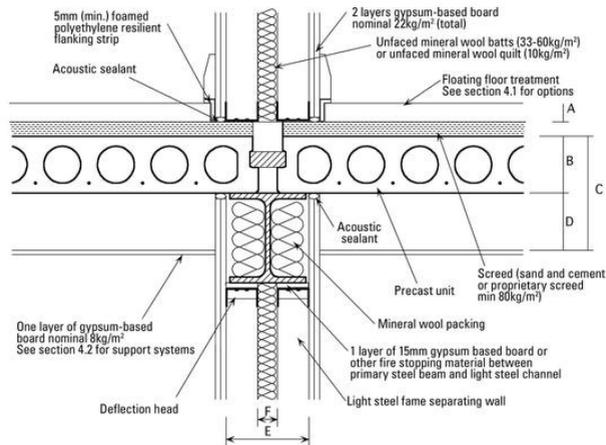


Gambar 2.7 Sambungan Cor Setempat (*In Situ Concrete Joints*)

Metode pelaksanaannya adalah dengan melakukan pengecoran pada pertemuan dari komponen-komponen tersebut. Diharapkan hasil pertemuan dari tiap komponen tersebut dapat menyatu. Sedangkan untuk cara penyambungan tulangan dapat digunakan *coupler* ataupun secara *overlapping*.

## 2. *Pre-Packed Aggregate*

Cara penyambungan jenis ini adalah dengan menempatkan agregat pada bagian yang akan disambung dan kemudian dilakukan injeksi air semen pada bagian tersebut dengan menggunakan pompa hidrolis sehingga air semen tersebut akan mengisi rongga dari agregat tersebut.



Gambar 2.8 *Pre-Packed Aggregate*

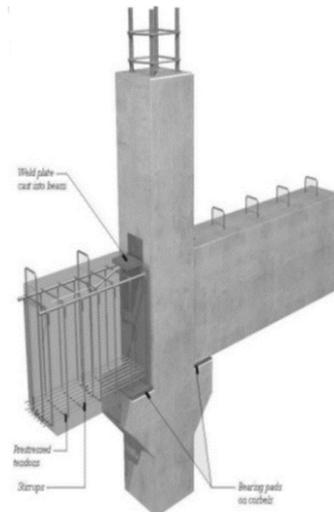
(Sumber : [pinterest.co.uk](https://www.pinterest.co.uk))

### b. Sambungan Kering

Jenis sambungan ini dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

#### 1. Sambungan Las

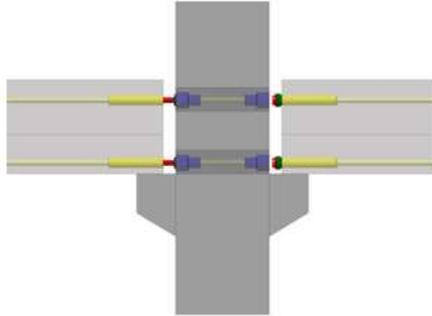
Alat sambung jenis ini menggunakan pelat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua plat ini selanjutnya disambung dengan bantuan las. Melalui plat baja inilah gaya-gaya akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.



Gambar 2.9 Sambungan Las

## 2. Sambungan Baut

Pada penyambungan dengan cara ini juga diperlukan pelat baja di kedua elemen beton pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Selanjutnya pelat tersebut dicor dengan adukan beton guna melindungi dari korosi.



Gambar 2.10 Sambungan Baut

## 2.8 Perencanaan Sambungan

Perencanaan Sambungan Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Oleh karena itu, perencanaan sambungan harus diperhatikan dengan seksama sehingga tidak menyulitkan pada saat pelaksanaan. Dalam teknologi beton pracetak, terdapat 3 (tiga) macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut antara lain, sambungan dengan cor di tempat (*in situ concrete joint*), sambungan dengan menggunakan las dan sambungan dengan menggunakan baut.

Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendirisendiri yang disajikan dalam tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Perbedaan Metode Penyambungan

Deskripsi	Sambungan dengan cor setempat	Sambungan dengan las/baut
Kebutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Jenis sambungan	Basah	Kering
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Tergolong rendah, karena dibutuhkan akurasi yang tinggi
Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu setting time	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

(Sumber: Ervianto, 2006)

## 2.9 Pengangkatan dan Pemasangan Komponen Pracetak

Proses pengangkatan dan pemasangan beton pracetak merupakan hal krusial dan wajib Untuk diperhatikan karena kesalahan dan tidak baiknya proses ini dapat mengakibatkan keretakan pada beton dan tentunya dapat mengurangi kekuatan struktur beton itu sendiri. Beban kerja pada saat pengangkatan beton pracetak, seharusnya berdasarkan pada faktor keamanan.(Nandasari 2013).

Pemilihan alat angkut ini harus benar-benar diperhatikan dan pemilihan alat angkut ini dipengaruhi beberapa faktor seperti tinggi bangunan, kondisi lokasi proyek, serta berat dan jumlah komponen beton pracetak. (Nandasari 2013)

### 2.9.1 Pengangkatan Balok Pracetak

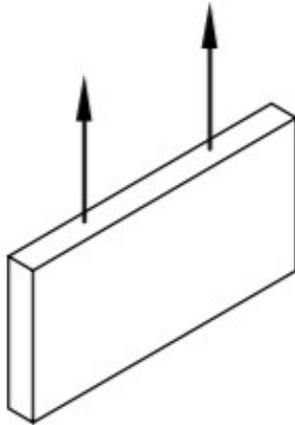
#### a. Momen Maksimal Dua Titik Angkat

$w$  = berat per satuan luas

$M_x$  =  $wa^2/8$  (per satuan lebar)

$-M_y = +M_y = 0.0107wab^2$

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



Gambar 2.11 Dua Titik Angkat  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

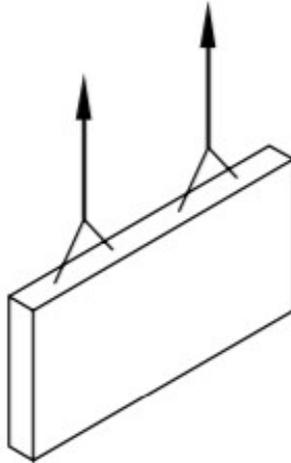
b. Momen Maksimal Empat Titik Angkat

$w$  = berat per satuan luas

$M_x$  =  $wa^2/8$  (per satuan lebar)

$-M_y = +M_y = 0.0027wab^2$

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



Gambar 2.12 Empat Titik Angkat  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

## 2.9.2 Pengangkatan Pelat Pracetak

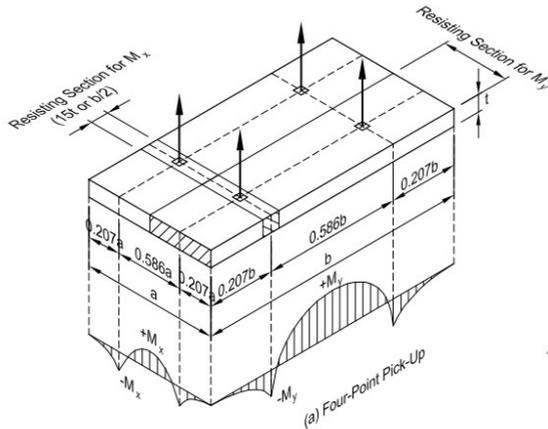
### a. Momen Maksimal Empat Titik Angkat

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

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

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

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



Gambar 2.13 Empat Titik Angkat  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

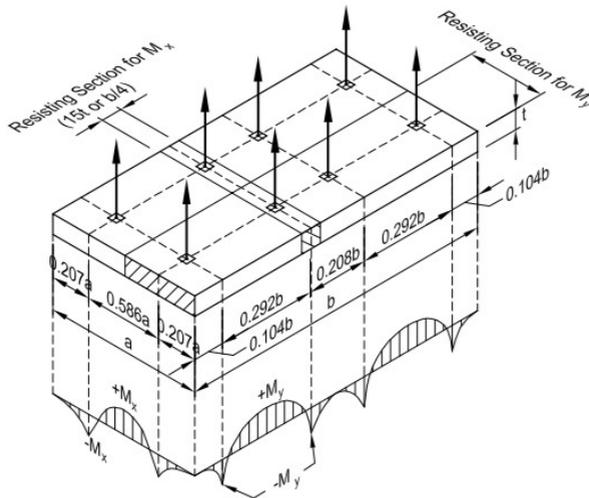
b. Momen Maksimal Delapan Titik Angkat

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

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

$M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$

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



Gambar 2.14 Delapan Titik Angkat  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini 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 perancangan terhadap tulangan angkat pada balok. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak. Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan.

Tabel 2.2 Angka pengali Beban statis ekivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis

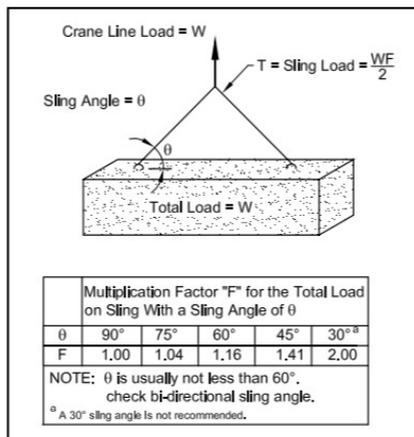
Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2

(Sumber : PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition)

### 2.9.2 Konfigurasi Penilaian

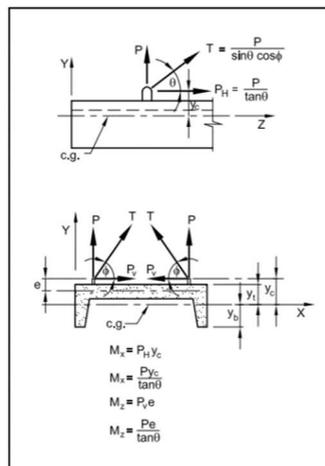
Tegangan dan gaya yang terjadi selama penanganan juga dipengaruhi oleh tipe tali yang digunakan untuk dikatikan ke *member*.

Garis angkat untuk mengangkat dua titik dengan menggunakan kemiringan garis ditunjukkan pada gambar 2.15 saat sudut sling kecil, gaya sejajar sumbu longitudinal dari *member* dapat menghasilkan moment yang signifikan karena efek P- $\Delta$ . Sementara ini efeknya harus bisa dan harus dipertanggungjawabkan, memang tidak direkomendasikan untuk mendominasi desain momen.



Gambar 2.15 Gaya pada garis angkat  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

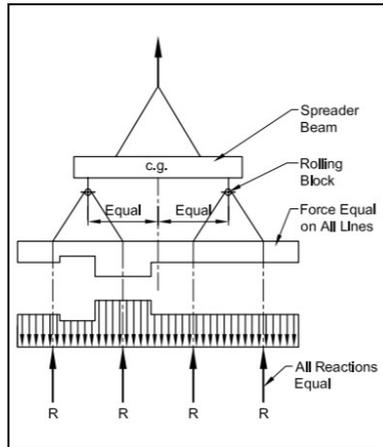
Sebaliknya, pertimbangan seharusnya menggunakan balok penyebar, 2 *crane* atau mekanisme lain untuk meningkatkan sudut sling. Jika ada penanganan khusus yang dibutuhkan oleh desain seharusnya ditunjukkan dengan jelas pada *shop drawing*. Selain momen tekuk longitudinal, momen tekuk melintang dapat disebabkan karena orientasi dari titik angkat sehubungan dengan dimensi melintang (lihat gambar 2.16). Untuk bagian yang ditunjukkan, momen kritis dapat terjadi diantara frame karena penampang melintang yang tipis.



Gambar 2.16 Momen akibat gaya angkat eksentris  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

Pedoman desain yang tercantum diatas berlaku untuk elemen berpenampang melintang yang tetap. Untuk elemen berpenampang melintang yang berbeda, lokasi dari titik angkat dapat dihitung dan disesuaikan. *Rolling block* dan balok penyebar dapat digunakan

dalam elemen yang Panjang dari bagian yang berbeda (gambar 2.17) yang membuat gaya pada garis angkat menjadi sama.

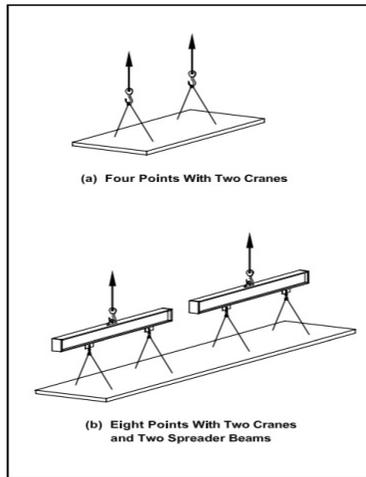


Gambar 2.17 Pengaturan untuk menyamakan beban angkat  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

*Member* selanjutnya dapat dianalisis sebagai balok dengan beban yang berbeda dengan reaksi yang sama. Gaya yang terjadi pada garis angkat dapat ditentukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.16.

Sebagai alternatif dari *rolling block*, balok penyebar dapat digunakan. Ketersediaan dari beberapa peralatan dan metode yang disarankan akan berbeda tergantung dari *precasters*.

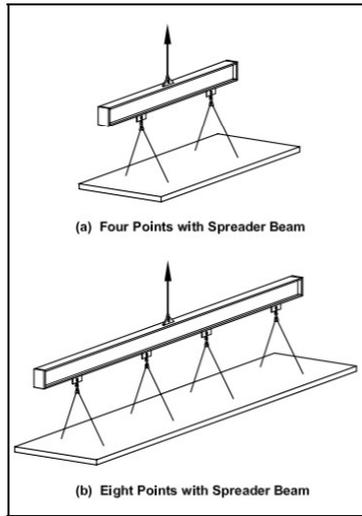
Keunggulan dari *multiple crane lines* adalah gaya dari garis angkat adalah tegak keatas dan gaya berbeda dapat diterapkan pada tiap *crane line* (gambar 2.18). Untuk elemen dengan penampang yang berbeda, panel dengan lubang yang besar atau panel dengan kaki tambahan



Gambar 2.18 Kait pengangkat  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

Menggunakan balok penyebar (gambar 2.19) dapat mengurangi penggunaan dari *rolling block*. Perlu dicatat balok penyebar harus cukup kaku daripada panel beton untuk membatasi defleksi dan retak geser pada panel. Serta, posisi kait, tinggi kait dan panjang sling sangat penting untuk memastikan cukup untuk pengangkatan *member*. Untuk Analisa, lebih baik daripada kesetaraan

gaya pada tiap posisi hook, panel tersebut dapat berlaku sebagai balok menerus di atas beberapa penyokong.



Gambar 2.19 Penggunaan balok penyebar  
(Sumber : PCI Design Handbook/Sixth Edition)

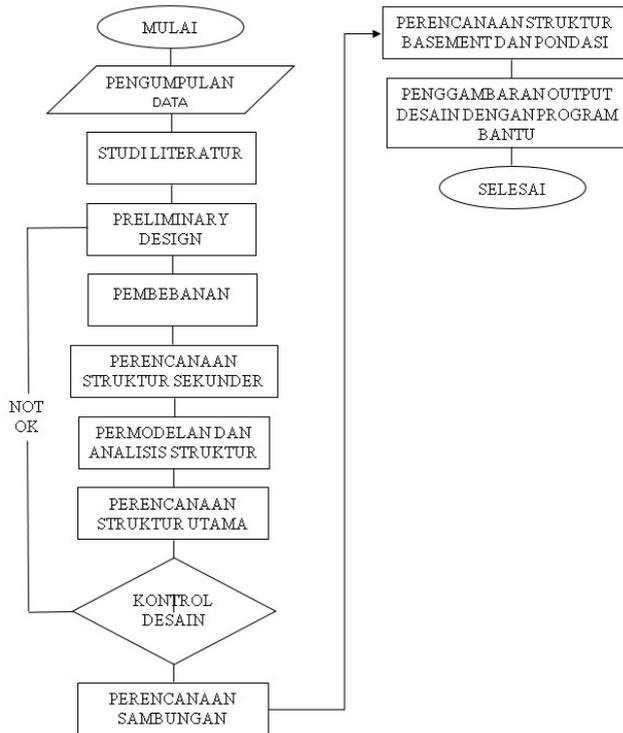
## BAB 3

### METODOLOGI

#### 3.1 Umum

Modifikasi Struktur Gedung Tamansari Iswara Menggunakan Sistem Pracetak tentunya memiliki susunan langkah-langkah pekerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan-urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur sampai penyajian analisa struktur.

#### 3.2 Bagian Alur Perencanaan



Gambar 3.1 Diagram Alur Perencanaan

### 3.3 Pengumpulan Data

Mempelajari gambar yang berkaitan dengan perencanaan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan modifikasi perencanaan. Berikut adalah data perencanaan yang digunakan:

- Nama Gedung : Tamansari Iswara Apartment
- Lokasi : Rawalumbu, Bekasi
- Fungsi : Apartemen atau tempat tinggal
- Jumlah Lantai : 29-34 Lantai dan 2 Basement
- Tinggi Gedung : 115.6 meter
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Sistem Struktur : Sistem Ganda

Adapun tugas akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan struktur beton pracetak dengan data-data sebagai berikut.

- Nama Gedung : Tamansari Iswara Apartment
- Lokasi : Rawalumbu, Bekasi
- Fungsi : Apartemen atau tempat tinggal
- Jumlah Lantai : 15 Lantai dan 1 Basement
- Tinggi Gedung : 45.5 meter
- Struktur Utama : Beton Pracetak
- Sistem Struktur : Sistem Ganda

#### 3.3.1 Pemilihan Kriteria Desain

Metode pracetak dipilih karena konfigurasi struktur yang cenderung tipikal pada setiap lantainya. Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur menggunakan sistem ganda dengan pemikul momen menengah yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan sehingga ukuran dimensi kolom dan balok dapat diperkecil.

Dengan Dipilihnya kota Bekasi sebagai daerah perencanaan gedung ini dibangun, maka perlu peninjauan klasifikasi situs tanah pada lokasi perencanaan gedung ini. Untuk

memenuhi kriteria klasifikasi situs SD maka dipilih Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dengan detail :

- Shear Wall : Beton Bertulang
- Kolom : Beton Bertulang
- Balok Induk : Beton Pracetak
- Balok Anak : Beton Pracetak
- Rangka Momen Khusus (SNI 2847 : 2013 pasal 21.5 – 21.8)

### 3.4 Studi Literatur

Dalam menunjang pengerjaan tugas akhir ini, maka dilakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan perencanaan bangunan struktur beton dengan sistem pracetak.

### 3.5 Pembebanan dan Permodelan Struktur

Melakukan perhitungan beban struktur sebagai berikut:

#### 3.5.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1 yang dimaksud beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Serta berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.2, dalam menentukan beban mati untuk perancangan harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Untuk detail pembebanan beban mati akan digunakan peraturan PPIUG 1983.

#### 3.5.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.1 yang dimaksud beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk

beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Serta berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.3.1, beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 4-1.

### 3.5.3 Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan persamaan berikut:

$$p = qG C_p - q_i (G C_{pi}) \left( \frac{lb}{ft^2} \right) \left( \frac{N}{m^2} \right)$$

Dimana:

- qz = qz untuk dinding disisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah.
- qh = qh untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap diukur pada ketinggian h.
- qi = qi untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding disisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian.
- qi = qz untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai *level* dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal

26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$ , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i=q_h$ ).

$G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727:2013 Pasal 26.9.

$C_p$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.

$(GC_{pi})$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.

$q$  dan  $q_i$  harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3. Tekanan harus ditetapkan secara bersamaan pada dinding disisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3.

#### 3.5.4 Beban Gempa

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726 – 2012, dengan aplikasi Desain Spektral Indonesia dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman (Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman) didapat :

$SD_s = 0.568$

$SD_1 = 0.356$

Tabel 3.1 Klasifikasi Situs

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

Untuk penentuan jenis tanah dapat ditetapkan dengan Tabel 3 pada SNI 1726 – 2012

Didapatkan nilai rata-rata  $N$  dari hasil boring adalah 34.86 sehingga kategori tanah pada gedung apartemen yang direncanakan adalah SD (tanah sedang). Selanjutnya memilih nilai  $R$  untuk struktur gedung ini sendiri dapat digunakan Tabel 9 pada SNI 1726 – 2012, dengan ketentuan dapat menahan paling sedikit 25% dari gaya gempa yang ditetapkan.

Tabel 3.2 Faktor Untuk Sistem Penahan Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan</b>								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
<b>3. Dinding geser beton bertulang khusus</b>	<b>7</b>	<b>2½</b>	<b>5½</b>	<b>TB</b>	<b>TB</b>	<b>TB</b>	<b>TB</b>	<b>TB</b>
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Sehingga nilai R yang digunakan adalah 7.

### 3.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

1.  $U = 1,4 D$
2.  $U = 1,2 D + 1,6 L$
3.  $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
4.  $U = 1,0 D + 1,0 L$
5.  $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Dimana :

$U$  : beban ultimate                       $L$  : beban hidup  
 $E$  : beban gempa                             $D$  : beban mati

### 3.7 Permodelan Struktur

Analisa struktur dilakukan dengan memodelkan elemen-elemen utama struktur gedung dengan menggunakan program ETABS/SAP2000 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur menggunakan dimensi preliminari yang telah ditentukan. Model harus memenuhi beberapa syarat dalam kontrol pemodelan struktur agar hasil dari pemodelan dapat digunakan untuk perhitungan yang lebih detail.

### 3.8 Preliminary design

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

#### 3.8.1 Dimensi Perencanaan Balok

Tebal minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa. Sedangkan untuk mutu selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan

1.  $h_{min} = \frac{L}{16}$  (untuk balok induk)
2.  $h_{min} = \frac{L}{21}$  (untuk balok anak)

Untuk lebar balok boleh diambil 2/3 dari tinggi balok.

#### 3.8.2 Dimensi Perencanaan Pelat Lantai

Dalam menentukan dimensi prarencana pelat lantai, langkah-langkah perhitungan yang dibutuhkan adalah:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat

satu arah (*one way slab*) atau pelat dua arah (*two way slab*).

2. Tebal minimum pelat satu arah (*one way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1

### 3.8.3 Dimensi Perencanaan Kolom

Dimensi kolom dihitung menggunakan *arbitrary area* beban pelat dan balok diambil dari sumbu ke sumbu pelat ( $\frac{1}{2}$  bentang ke arah kanan – kiri dan depan – belakang). Dipilih *tributary area* kolom yang memiliki luas *arbitrary area* yang paling besar. Untuk perencanaan, dimensi kolom dapat dibuat sama untuk setiap dua atau tiga lantai. Setiap kolom dalam satu lantai memiliki dimensi yang sama.

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

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

Dimana:

- W = Beban aksial yang diterima kolom
- $f_c'$  = Kuat tekan beton karakteristik
- A = Luas penampang kolom

### 3.8.4 Dimensi Perencanaan Dinding Geser

Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 Pasal 14.5.3.1, ketebalan dinding yang didesain sebagai komponen struktur tekan

tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100mm. Ketebalan *shear wall* minimum direncanakan dengan metode

$$\begin{aligned} \text{Tebal shear wall} &\geq \frac{1}{25} hw \\ \text{Tebal shear wall} &\geq \frac{1}{25} lw \end{aligned}$$

empiris, yaitu:

Dimana :

$hw$  = tinggi bagian dinding

$lw$  = panjang bagian dinding

### 3.9 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 3.9.1 Perencanaan Pelat Lantai

##### a. Perencanaan Tulangan Lentur Pelat

Perhitungan kebutuhan tulangan lentur pelat dihitung sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013 yang meliputi 3 kondisi, yaitu, saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit.

Perumusan yang digunakan adalah

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

Dimana:

$M_n$  = Momen nominal/tahanan

$\phi$  = Koefisien yang ditentukan berdasarkan regangan

$A_s$  = Luasan tulangan yang digunakan

$f_y$  = Kuat tarik baja

$d$  = Jarak serat terluar ke titik berat tulangan

$a$  = Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

##### b. Perhitungan Tulangan Geser Pelat

Sedangkan untuk perhitungan kebutuhan tulangan geser, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hitung  $V_u$  pada titik berjarak  $d$  dari ujung perletakan
2. Cek :  $V_u \leq \phi (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d)$

3. Kriteria kebutuhan tulangan geser :
  - a.  $V_u \leq 0,5 \phi V_c \rightarrow$  Tidak perlu penguatan geser
  - b.  $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow$  dipakai tulangan geser minimum
  - c.  $\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow$  diperlukan tulangan geser
  - d.  $\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) < V_u \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} . bw . d) \rightarrow$  perlu tulangan geser

dimana:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} . bw . d$$

$$V_s = \sqrt{\frac{f'c}{3}} . bw . d$$

$$\phi = 0,75 \text{ (untuk geser)}$$

Keterangan:

$V_c$  = Kekuatan geser nominal yang diakibatkan oleh beton

$V_s$  = Kekuatan geser nominal yang diakibatkan oleh tulangan geser

$V_n$  = Kekuatan geser nominal ( $V_c + V_s$ )

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

4. Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.4 :  
Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempapada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang komponen struktur.

### c. Perhitungan Tulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1.

### 3.9.2 Perencanaan Balok Anak

#### a. Perencanaan Tulangan Lentur Balok Anak

Balok merupakan komponen struktur yang terkena beban lentur. Tata cara perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok dapat dilihat pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.2. Perumusan

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

yang digunakan adalah:

Keterangan :

$M_n$  = Momen nominal/tahanan

$\phi$  = Koefisien yang ditentukan berdasarkan regangan

$A_s$  = Luasan tulangan yang digunakan

$f_y$  = Kuat tarik baja

$d$  = Jarak serat terluar ke titik berat tulangan

$a$  = Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

#### b. Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847-2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi  $\phi V_n \geq V_u$ ,

Dimana :

$V_n$  = kuat geser nominal penampang

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$\phi$  = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75 (SNI 2847-2013, Pasal 9.3)

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbu kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ )

$V_n = V_c + V_s$  (SNI 2847-2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

Dan untuk

$V_c = 0,17\alpha \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$  (SNI 2847-2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :  $\phi V_n \geq V_u$  (SNI 03-2847-2002, Pasal 11.1)

Dimana:

$V_u$  = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau  $V_n$  = Kuat geser nominal

$V_c$  = Kuat geser beton

$V_s$  = Kuat geser nominal tulangan geser

### 3.10 Sambungan Komponen Pracetak

Pada perencanaan sambungan ini dipilih sambungan dengan tipe cast in-situ atau cor di tempat karena diharapkan untuk mendapat sifat monolit dan terintegrasi dengan lebih baik. Perencanaan ini sendiri didasarkan pada SNI 2847-2013 Pasal 11.8

#### 3.10.1 Pelat Precast Pada Half Slab Precast Satu Arah

Fabrikasi plat menggunakan half slab seperti pada plat pada umumnya namun menyisakan minimal 50 mm dari dimensi rencana yang akan di overtopping (Elliot, 2002)

Pelat yang digunakan dalam perancangan dengan sistem pracetak adalah one-way slab (pelat satu arah) dimana tebal minimum pelat satu arah didapat berdasarkan rumus dari SNI 2847:2013 tabel 9.5(a) dalam pasal 9.5.2 sebagai berikut :

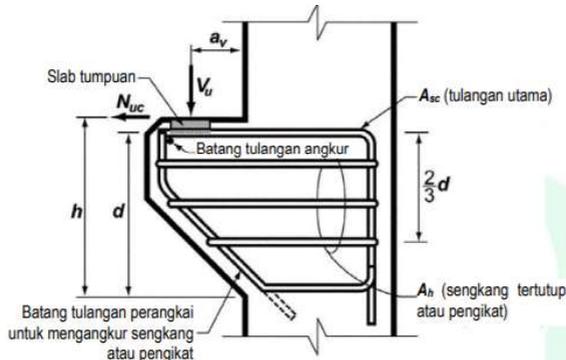
Tabel 3.3 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tertumpu Sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Pelat masif satu arah	$h_{min} = \frac{\ell}{20}$	$h_{min} = \frac{\ell}{24}$	$h_{min} = \frac{\ell}{28}$	$h_{min} = \frac{\ell}{10}$

#### 3.10.2 Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok – kolom dalam perencanaan Gedung Apartemen Tamansari Iswara ini menggunakan sambungan basah atau cast in-situ. Sambungan jenis ini dipilih karena lebih bersifat monolit dan lebih sederhana dalam pelaksanaannya.

Sambungan jenis ini menggunakan konsol pendek yang berfungsi untuk meletakkan balok induk, dalam pelaksanaannya tulangan dari balok akan di cor menjadi satu dengan tulangan dari kolom. Perencanaan konsol pendek ini berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.8

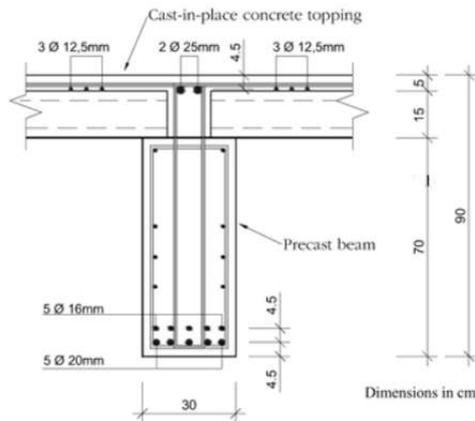


Gambar 3.2 Detail Konsol Pendek untuk Sambungan Balok - Kolom

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 11.8)

### 3.10.3 Sambungan Balok – Pelat

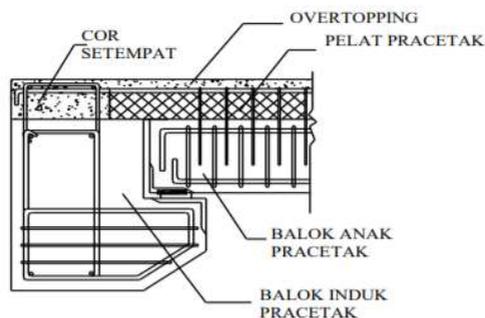
Pada perencanaan sambungan Balok – Pelat ini menggunakan sambungan basah atau cast in-situ agar diharapkan menjadi satu kesatuan dan mendapat integritas struktur secara menyeluruh. Pada perencanaan sambungan ini tulangan balok bagian atas diikat dengan tulangan geser half slab, lalu di cor pada bagian kontak antara balok dan pelat.



Gambar 3.3 Sambungan Balok – Pelat  
(Sumber : IBRACON Estrut. Mater. vol.5 no.3)

#### 3.10.4 Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



Gambar 3.4 Sambungan Balok Induk – Balok Anak

### 3.11 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut :

1. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
2. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
3. Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam. Struktur pondasi direncanakan dengan menggunakan pondasi dalam, yaitu tiang pancang. Perhitungan kekuatan pondasi berdasarkan data tanah yang didapat dari tes boring.

Nilai Konus diambil 4 D keatas & 4 D kebawah

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{A \text{ tiang} \times C_n}{Sf_1} + \frac{JHP \times Q}{Sf_2}$$

$$Sf_1 = (2 - 3)$$

$$Sf_2 = (5 - 8)$$

- Jumlah Tiang Pancang yang Diperlukan (n)

$$n = \frac{\Sigma Pu}{P_{ijin}}$$

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

$$\text{Efisiensi Tiang } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n}$$

$$\text{Dimana, } \theta = \text{arc tg} \left( \frac{D}{S} \right)$$

$$P_{\text{maks}} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \times X_{\text{max}}}{\sum x^2} + \frac{M_x \times Y_{\text{max}}}{\sum y^2}$$

$P_{\text{ult}} = \text{Efisiensi tiang} \times P_u$  1 tiang berdiri

- Kontrol Kekuatan Tiang

$$P_{\text{ult}} \geq P_{\text{perlu}}$$

$$P_{\text{perlu}} = P_{\text{maks}}$$

### 3.12 Gambar Teknik

Hasil dari analisa struktur diatas divisualisasikan dalam gambar teknik. Dalam penggambaran ini menggunakan program AutoCAD 2016.



## BAB 4

### PRELIMINARY DESIGN

#### 4.1 Data Perencanaan

Data perencanaan gedung beton bertulang menggunakan sistem beton pracetak sebagai berikut :

- Fungsi Bangunan : Apartemen Tamansari Iswara  
Lokasi : Jl. Cut Meutia Raya, Rawalumbu,  
Bekasi  
Jumlah Lantai : 1 Lt. Basement + 14 Lantai  
Ketinggian Lantai :  
a. Lantai Basement = 5,00m  
b. Lantai 1-14 = 3,50m  
Tinggi Bangunan : 54.00m  
Total Luas Area :  
a. Gedung A = 759,98m  
b. Gedung B = 722,70m  
Mutu Beton( $f'c$ ) : 40Mpa  
Mutu Baja( $f_y$ ) : 410Mpa  
Letak Bangunan : Jauh Dari Pantai

#### 4.2 Perencanaan Dimensi Balok

##### 4.2.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$
$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

L = panjang balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

b = lebar balok (cm)

Balok Induk dibagi menjadi :

a. Balok Induk 1 (BI.1) L=630 cm

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{630}{16} = 39,375 \approx 50cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 50 = 33,333 \approx 40cm$$

Digunakan Balok Induk 40/50 cm

b. Balok Induk 2 (BI.2) L=275 cm

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{275}{16} = 17,1875 \approx 25cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 25 = 16,667 \approx 25cm$$

Digunakan Balok Induk 25/25 cm

c. Balok Induk 3 (BI.3) L=300 cm

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{300}{16} = 18,75 \approx 25cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 25 = 16,667 \approx 25cm$$

Digunakan Balok Induk 25/25 cm

d. Balok Induk 4 (BI.4) L=550 cm

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{550}{16} = 34,375 \approx 45cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 45 = 30 \approx 30cm$$

Digunakan Balok Induk 30/45 cm

e. Balok Induk 5 (BI.5) L=200 cm

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{200}{16} = 12,5 \approx 25cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 25 = 16,667 \approx 25cm$$

Digunakan Balok Induk 25/25 cm

f. Balok Induk 6 (BI.6) L=650 cm

$$hmin = \frac{L}{16} = \frac{650}{16} = 40,625 \approx 50cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 50 = 33,333 \approx 40cm$$

Digunakan Balok Induk 40/50 cm

#### 4.2.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Dimensi Balok Anak direncanakan dengan :

$$hmin = \frac{L}{21}$$

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

Dimana :

L = panjang balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

b = lebar balok (cm)

Balok Anak dibagi menjadi :

a. Balok Anak 1 (BA.1) L=630 cm

$$hmin = \frac{L}{21} = \frac{630}{21} = 30 \approx 50cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \approx 30cm$$

Digunakan Balok Anak 30/50 cm

b. Balok Anak 2 (BA.2) L=550 cm

$$hmin = \frac{L}{21} = \frac{550}{21} = 26,191 \approx 50cm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 26.191 = 17,460 \approx 30\text{cm}$$

Digunakan Balok Anak 30/50 cm

c. Balok Anak 3 (BA.3) L=650 cm

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{650}{21} = 30,952 \approx 50\text{cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 30.952 = 20,635 \approx 30\text{cm}$$

Digunakan Balok Anak 30/50 cm

Tabel 4.1 Rekapitulasi Balok Induk Rencana

b	h	Nama Balok
40	50	Bl.1
25	25	Bl.2
25	25	Bl.3
30	45	Bl.4
25	25	Bl.5
40	50	Bl.6

Tabel 4.2 Rekapitulasi Balok Anak Rencana

b	h	Nama Balok
30	50	BA.1
30	50	BA.2
30	50	BA.3

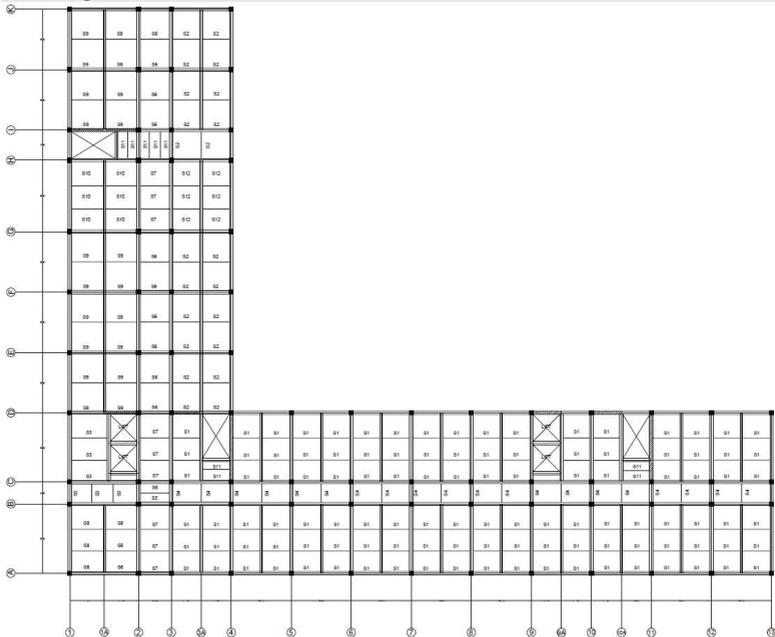
#### 4.3 Perencanaan Tebal Pelat

Sesuai dengan SNI 7833 :2012 pasal 4.4.1 lebar plat tidak lebih lebar dari 3,7 m. Sehingga pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 11 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu :

Pelat tipe S1 : 2750 x 1050

Pelat tipe S2 : 2750 x 1100

Pelat tipe S3 : 2000 x 1050  
 Pelat tipe S4 : 2000 x 1100  
 Pelat tipe S5 : 3000 x 1000  
 Pelat tipe S6 : 3000 x 1100  
 Pelat tipe S7 : 3000 x 1050  
 Pelat tipe S8 : 3150 x 1050  
 Pelat tipe S9 : 3150 x 1100  
 Pelat tipe S10 : 3150 x 1000  
 Pelat tipe S11 : 2750 x 1000



Gambar 4.1 Denah Pelat

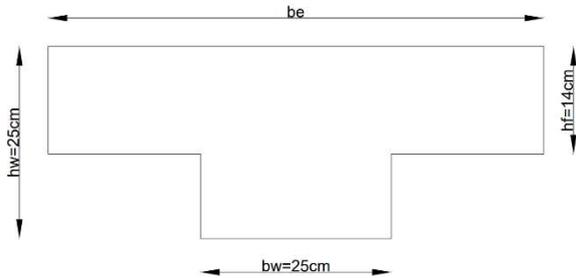
Direncanakan pelat lantai dan atap pracetak. Diambil pelat S5 3000 x 1000mm sebagai contoh perhitungan dengan data perencanaan sebagai berikut :

Ukuran : 300 x 100 cm  
 Tebal Pelat Rencana : 14cm

$$L_n = 300 - \left( \frac{25}{2} + \frac{25}{2} \right) = 275 \text{ cm}$$

$$S_n = 100 - \left( \frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 70 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{275}{70} = 3.928 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$



Gambar 4.2 Potongan Penampang Balok Induk 5 (BI.5) 25/25cm

Perhitungan lebar efektif

- a.)  $be = bw + 2 \times (hw - hf)$   
 $be = 25 + 2 \times (25 - 14)$   
 $be = 47$  (digunakan)
- b.)  $be = bw + 8 \times hf$   
 $be = 25 + 8 \times 14$   
 $be = 137$

$k$

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

$k$

$$= \frac{1 + \left( \frac{47}{25} - 1 \right) \left( \frac{14}{25} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{14}{25} \right) + 4 \left( \frac{14}{25} \right)^2 + \left( \frac{47}{25} - 1 \right) \left( \frac{14}{25} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{47}{25} - 1 \right) \left( \frac{14}{25} \right)}$$

$$k = 2,048$$

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

$$I_{balok} = \frac{1}{12} x 2,048 x 25 x 25^3$$

$$I_{balok} = 66697,33cm^4$$

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

$$I_{pelat} = 300 x \frac{14^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 68600cm^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{66697,33}{68600} = 0.972264 < 2$$

Karena  $\alpha_m < 2$  maka tebal pelat minimal adalah 12,5cm (SNI 2847 : 2013 Pasal 9.5.3.3)

$$h_{min} = \frac{Ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}$$

$$h_{min} = \frac{275(0,8 + \frac{410}{1400})}{36 + 9(3,928)} = 4.156 \approx 14cm$$

Tebal pelat yang direncanakan 14cm telah memenuhi syarat

Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Pelat Rencana

Nama Pelat	Dimensi (cm)			Ln	Sn	Beta	hmin	hpakai
S1	275	x	105	237.5	75	3.166667	3.971484	14
S2	275	x	110	235	80	2.9375	4.059488	14
S3	200	x	105	167.5	75	2.233333	3.220334	14
S4	200	x	110	167.5	80	2.09375	3.294098	14
S5	300	x	100	275	70	3.928571	4.156657	14
S6	300	x	110	267.5	80	3.34375	4.365282	14
S7	300	x	105	267.5	75	3.566667	4.236679	14
S8	315	x	105	275	75	3.666667	4.298654	14
S9	315	x	110	275	80	3.4375	4.431106	14
S10	315	x	100	275	70	3.928571	4.156657	14
S11	275	x	100	250	70	3.571429	3.957023	14

#### 4.4 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang ditinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar, yaitu kolom dengan bentang 650 x 630 cm

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai dan atap.

Data – data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

Tebal Pelat	: 14 cm
Tinggi Lantai Basement	: 5,0 m
Tinggi Lantai 1-14	: 3,5 m

Berdasarkan SNI 1727 : 2013 pembebanan seperti berikut ini :

a. Beban Lantai 11 – Atap

Tabel 4.4 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 11-Atap

Perhitungan Beban Mati Lantai 11-Atap

Elemen	p(m)	L(m)	t(m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat
Pelat (Area)	6.5	6.3	0.14	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	68796
Balok Induk						0
Bl.1	12.6	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	30240
Bl.2	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.3	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.4	0	0.3	0.45	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.5	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.6	13	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>4</sup>	5	31200
Balok Anak						0
BA.1	6.5	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	11700
BA.2	0	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Plafond	6.5	6.3		11 kg/m <sup>3</sup>	5	2252.25
Penggantung	6.5	6.3		7 kg/m <sup>3</sup>	5	1433.25
Plumbing	6.5	6.3		10 kg/m <sup>3</sup>	5	2047.5
Spesi (1cm)	6.5	6.3		21 kg/m <sup>3</sup>	5	4299.75
Dinding	25.6	3.1	0.15	250 kg/m <sup>3</sup>	5	14880
Sanitasi	6.5	6.3		20 kg/m <sup>3</sup>	5	4095
Total Beban Mati						170943.8

Perhitungan Beban Hidup Lantai 11-Atap

Beban Lantai	6.5	6.3		192 kg/m <sup>3</sup>	4	31449.6
Koefisien Reduksi 30%						0.7
Total Beban Hidup						22014.72

Beban Berfaktor 1.2DL + 1.6LL =						240356.1
---------------------------------	--	--	--	--	--	----------

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ( $\phi=0.65$ ). Mutu Beton 40 Mpa =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

Rencana Awal Luas Penampang Kolom

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{240356,1}{0,3 \times 392} = 2043,843 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{2043,843} = 45,209 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom 70 x 70 cm

## b. Beban Lantai 6 – 10

Tabel 4.5 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 6 - 10

Perhitungan Beban Mati Lantai 6-10

Elemen	p(m)	L(m)	t(m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat
Pelat (Area)	6.5	6.3	0.14	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	68796
Balok Induk					5	0
BI.1	12.6	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	30240
BI.2	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
BI.3	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
BI.4	0	0.3	0.45	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
BI.5	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
BI.6	13	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>4</sup>	5	31200
Balok Anak					5	0
BA.1	6.5	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	11700
BA.2	0	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Plafond	6.5	6.3		11 kg/m <sup>3</sup>	5	2252.25
Penggantu	6.5	6.3		7 kg/m <sup>3</sup>	5	1433.25
Plumbing	6.5	6.3		10 kg/m <sup>3</sup>	5	2047.5
Spesi (1cm)	6.5	6.3		21 kg/m <sup>3</sup>	5	4299.75
Dinding	25.6	3.1	0.15	250 kg/m <sup>3</sup>	5	14880
Sanitasi	6.5	6.3		20 kg/m <sup>3</sup>	5	4095
Total Beban Mati						170943.8

Perhitungan Beban Hidup Lantai 6-10

Beban Lan	6.5	6.3		192 kg/m <sup>3</sup>	4	31449.6
Koefisien Reduksi 30%						0.7
Total Beban Hidup						22014.72

Beban Berfaktor 1.2DL + 1.6LL =						240356.1
Beban Total = Beban lantai 5-9 + Beban Lantai 10-14						480712.1

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ( $\phi=0.65$ ). Mutu Beton 40 Mpa =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

Rencana Awal Luas Penampang Kolom

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{480712,1}{0,3 \times 392} = 4087,688 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{4087,688} = 63,935 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom 70 x 70 cm

## c. Beban Lantai 1 – 5

Tabel 4.6 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 1 - 5

Perhitungan Beban Mati Lantai 1-5

Elemen	p(m)	L(m)	t(m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat
Pelat (Area)	6.5	6.3	0.14	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	68796
Balok Induk					5	0
Bl.1	12.6	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	30240
Bl.2	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.3	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.4	0	0.3	0.45	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.5	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Bl.6	13	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>4</sup>	5	31200
Balok Anak					5	0
BA.1	6.5	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	11700
BA.2	0	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	5	0
Plafond	6.5	6.3		11 kg/m <sup>3</sup>	5	2252.25
Penggantung	6.5	6.3		7 kg/m <sup>3</sup>	5	1433.25
Plumbing	6.5	6.3		10 kg/m <sup>3</sup>	5	2047.5
Spesi (1cm)	6.5	6.3		21 kg/m <sup>3</sup>	5	4299.75
Dinding	25.6	3.1	0.15	250 kg/m <sup>3</sup>	5	14880
Sanitasi	6.5	6.3		20 kg/m <sup>3</sup>	5	4095
Total Beban Mati						170943.8

Perhitungan Beban Hidup Lantai 1-5

Beban Lan	6.5	6.3		192 kg/m <sup>3</sup>	4	31449.6
Koefisien Reduksi 30%						0.7
Total Beban Hidup						22014.72

Beban Berfaktor 1.2DL + 1.6LL =						240356.1
Beban Total = Beban lantai 5-9 + Beban Lantai 10-14						721068.2

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ( $\phi=0.65$ ). Mutu Beton 40 Mpa =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

Rencana Awal Luas Penampang Kolom

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{721068,2}{0,3 \times 392} = 6131,532 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{6131,532} = 78,3041 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom 85 x 85 cm

## d. Beban Lantai Basement

Tabel 4.7 Beban Mati dan Beban Hidup Lantai Basement

Perhitungan Beban Mati Basement

Elemen	p(m)	L(m)	t(m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat
Pelat (Area)	6.5	6.3	0.14	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	13759.2
Balok Induk					1	0
Bl.1	12.6	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	6048
Bl.2	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	0
Bl.3	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	0
Bl.4	0	0.3	0.45	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	0
Bl.5	0	0.25	0.25	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	0
Bl.6	13	0.4	0.5	2400 kg/m <sup>4</sup>	1	6240
Balok Anak					1	0
BA.1	6.5	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	2340
BA.2	0	0.3	0.5	2400 kg/m <sup>3</sup>	1	0
Plafond	6.5	6.3		11 kg/m <sup>3</sup>	1	450.45
Penggantu	6.5	6.3		7 kg/m <sup>3</sup>	1	286.65
Plumbing	6.5	6.3		10 kg/m <sup>3</sup>	1	409.5
Spesi (1cm)	6.5	6.3		21 kg/m <sup>3</sup>	1	859.95
Dinding	25.6	3.3		250 kg/m <sup>3</sup>	1	21120
Sanitasi	6.5	6.3		20 kg/m <sup>3</sup>	1	819
Total Beban Mati						52332.75

Perhitungan Beban Hidup Lantai Basement

Beban Lan	6.5	6.3		192 kg/m <sup>3</sup>	1	7862.4
Koefisien Reduksi 30%						0.7
Total Beban Hidup						5503.68

Beban Berfaktor 1.2DL + 1.6LL =						71605.188
Beban Total = Beban lantai 5-9 + Beban Lantai 10-14						792673.344

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ( $\phi=0.65$ ). Mutu Beton 40 Mpa =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

Rencana Awal Luas Penampang Kolom

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{792673,34}{0,3 \times 392} = 6740,42 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{6740,42} = 82,1 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom 90 x 90 cm

Tabel 4.8 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Lantai	Dimensi		
Lantai 10-14	55	x	55
Lantai 6-10	70	x	70
Lantai 1-5	85	x	85
Lantai Basement	90	x	90

#### 4.5 Perencanaan Tebal Dinding Geser

Bedasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 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. Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

Tebal Dinding Geser = 40cm

Panjang Bentang Dinding :

SW1 =630 cm

SW2 =550 cm

SW3 =300 cm

SW4 =275 cm

Ketinggian Lantai :

Lantai 1-14 =350 cm

Lantai Basement =500 cm

Tebal Dinding Geser direncanakan dengan :

$$Tebal Shear Wall \geq \frac{1}{25} hw$$

$$Tebal Shear Wall \geq \frac{1}{25} lw$$

Dimana :

hw = Ketinggian Lantai (cm)

lw = Panjang Bentang Dinding (cm)

Digunakan SW1 sebagai contoh perhitungan, dengan data perencanaan :

$$hw = 350\text{cm}$$

$$lw = 630\text{cm}$$

$$\text{Tebal Shear Wall} \geq \frac{1}{25}hw$$

$$40 \geq \frac{1}{25} \times 350$$

$$40 \geq 14$$

$$\text{Tebal Shear Wall} \geq \frac{1}{25}lw$$

$$40 \geq \frac{1}{25} \times 630$$

$$40 \geq 25,2$$

Dengan demikian tebal dinding geser 40 cm memenuhi.

## BAB 5

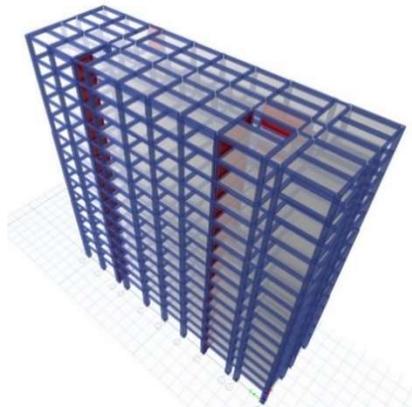
### PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR

#### 5.1 Umum

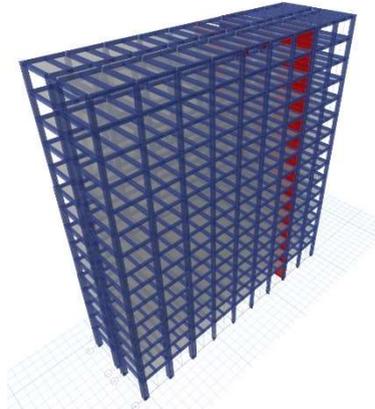
Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1727:2013 dan SNI 2847:2013, serta pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

#### 5.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu pemodelan struktur. Struktur pemodelan gedung memiliki total 15 Lantai dengan tinggi total gedung  $\pm 54,00\text{m}$ . Pemodelan gedung berlokasi di Bekasi. Gedung ini berbentuk huruf L sehingga direncanakan dengan dilatasi, sehingga pada Analisa struktur pada tugas akhir ini dilakukan terbagi menjadi 2 gedung dengan inisial penamaan Gedung A dan Gedung B.



Gambar 5.1 Permodelan Struktur Pada Etabs (Gedung A)



Gambar 5.2 Permodelan Struktur Pada Etabs (Gedung B)

### 5.3 Perhitungan Berat Struktur

Pembebanan gravitasi struktur pada sistem ganda diterima oleh rangka dan dinding geser. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur.

- Beban Mati
  - o Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
  - o Plafond : 11 kg/m<sup>3</sup>
  - o Penggantung : 7 kg/m<sup>3</sup>
  - o Plumbing : 10 kg/m<sup>3</sup>
  - o Tegel : 24 kg/m<sup>3</sup>
  - o Spesi : 21 kg/m<sup>3</sup>
  - o Dinding : 250 kg/ m<sup>2</sup>
  - o Sanitasi : 20 kg/m<sup>3</sup>
- Beban Hidup
  - o Lantai Atap : 100 kg/m<sup>3</sup>
  - o Lantai Apartemen : 192 kg/m

Dari analisa yang telah dilakukan berikut adalah rekap pembebanan Gravitasi pada gedung Apartemen Tamansari Iswara Bekasi :

Tabel 5.1 Rekap Pembebanan Gravitasi (Gedung A)

Lantai	Beban Mati	Beban Hidup
Lantai Atap	444639.444	74265.5
Lantai 11-14	2618075.05	543747.84
Lantai 6-10	3403318.81	679684.8
Lantai 1-5	3066383.05	543747.84
Lantai Basement	953303.762	135936.96
Total	10485720.1	1977382.94

Tabel 5.2 Rekap Pembebanan Gravitasi (Gedung B)

Lantai	Beban Mati	Beban Hidup
Lantai Atap	413782.83	70537.5
Lantai 11-14	2431537.39	515116.8
Lantai 6-10	3151351.74	643896
Lantai 1-5	2833561.39	515116.8
Lantai Basement	880494.348	128779.2
Total	9710727.7	1873446.3

Pada Gedung A didapatkan total beban mati sebesar 10.485.720,1 kg dan beban hidup sebesar 1.977.382,94 kg atau beban total (1D +1L) adalah 12.463.103,1 kg.

Pada Gedung B didapatkan total beban mati sebesar 9.710.727,7 kg dan beban hidup sebesar 1.873.446,3 kg atau beban total (1D +1L) adalah 11.584.174 kg.

Pembebanan yang diinputkan pada ETABS haruslah mendekati yang telah di hitung secara manual sehingga pembebanan pada ETABS dapat dikatakan benar. Berikut adalah pembebanan gravitasi yang didapatkan dari ETABS.

Tabel 5.3 Pembebanan Gravitasi pada Etabs (Gedung A)

Load	FX	FY	FZ
Case/Combo	kgf	kgf	kgf
1D + 1L	0	0	12730952

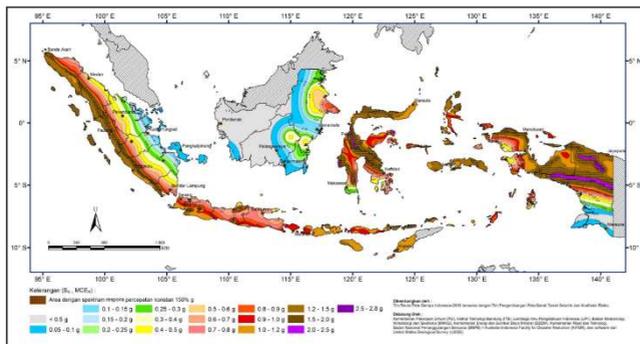
Tabel 5.4 Pembebanan Gravitasi pada Etabs (Gedung B)

Load	FX	FY	FZ
Case/Combo	kgf	kgf	kgf
1D + 1L	0	6.82E-07	11838352

Total beban gravitasi pada ETABS (1D + 1L) sebesar 12.730.952kg (Gedung A) dan 11.838.352kg (Gedung B), sehingga didapat selisih perhitungan (1D + 1L) secara manual dan ETABS adalah 2,103% pada gedung A dan 2,147% pada gedung B, jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah benar, karena selisih perhitungan yang didapat dibawah 5%.

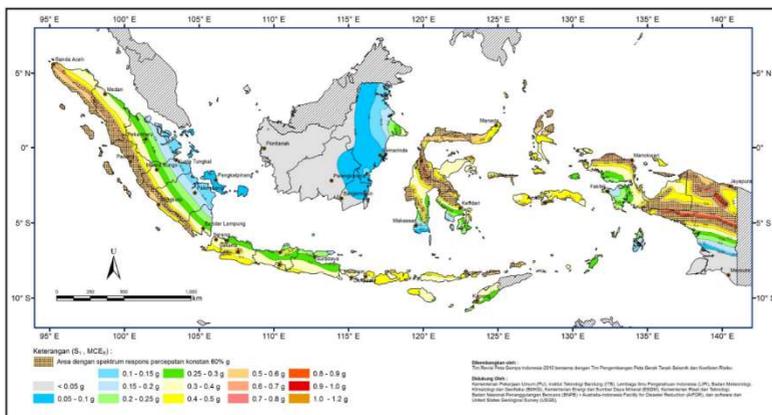
## 5.4 Analisa Beban Gempa

### 5.4.1 Percepatan Respon Spektrum



Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4

Gambar 5.3 Peta Harga Ss di Indonesia  
Untuk daerah Bekasi didapatkan nilai  $S_s = 0.677g$



Gambar 5.4 Peta Harga S1 di Indonesia  
Untuk daerah Bekasi didapatkan nilai  $S_1 = 0.295g$

Untuk nilai  $F_a$  (koefisien situs untuk periode 0,2 detik) dan  $F_v$  (koefisien situs untuk periode 1 detik) didapat dari Tabel 5.5 dan Tabel 5.6

Tabel 5.5 Koefisien Situs  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

Tabel 5.6 Koefisien Situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode 1 detik, S <sub>1</sub>				
	S <sub>1</sub> ≤0,1	S <sub>1</sub> =0,2	S <sub>1</sub> =0,3	S <sub>1</sub> =0,4	S <sub>1</sub> ≥0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Dari data di atas diperoleh data – data sebagai berikut :

$$S_s = 0,677g$$

$$S_1 = 0,295g$$

$$F_a = 1,258$$

$$F_v = 1,811$$

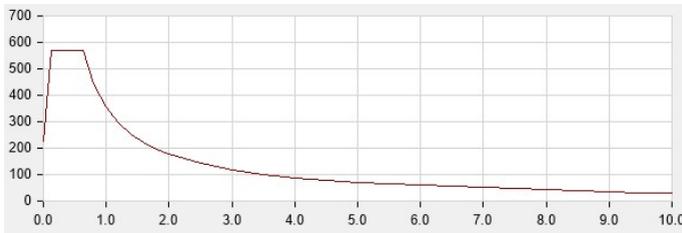
$$S_{MS} = F_a \times S_s \\ = 1,258 \times 0,677 = 0,852$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \\ = 1,811 \times 0,295 = 0,534$$

#### 5.4.2 Parameter Respon Spektral

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,852 = 0,568$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,534 = 0,356$$



Gambar 5.5 Grafik Respon Spektrum Daerah Gedung ini berfungsi sebagai apartemen sehingga termasuk kategori risiko I. Dari data – data yang telah didapat di atas bisa ditentukan kategori desain seismik dari gedung ini menggunakan Tabel 5.7 dan Tabel 5.8. Sehingga didapat gedung ini termasuk kategori desain seismik D

Tabel 5.7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 5.8 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter

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

Respons Percepatan pada Periode Pendek

Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan salah satu sistem struktur yang tepat sesuai dengan 133

kategori desain seismik D adalah sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser beton bertulang khusus yang mampu menahan 75% gaya gempa yang ditetapkan.

5.5 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental (T) Berdasarkan SNI 1726 : 2012 Tabel 15, tipe struktur system rangka pemikul momen menggunakan nilai parameter pendekatan  $C_t$  adalah 0,466, nilai  $x$  digunakan 0,9 dan ketinggian gedung adalah 54,00 m

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

$$T_a = 0,466 \times 60,5^{0,9}$$

$$T_a = 1,871 \text{ dt}$$

Dimana :

$T_a$  = periode fundamental pendekatan

$C_t$  = koefisien pendekatan

$h_n$  = ketinggian struktur

Tabel 5.9 Koefisien Batas Atas Perioda Gedung

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

Perhitungan waktu getar alami fundamental menggunakan rumusan berikut :

$$T = C_u \times T_a$$

$$T = 1,4 \times 1,871 \text{ dt}$$

$$T = 2,364$$

Perioda fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung ( $C_u$ )

$$T < C_u \times T_a$$

Nilai  $T$  didapat dari permodelan ETABS yang telah diinput gaya gempa dinamik.

Tabel 5.10 Modal Periode dan Frekuensi Gedung A

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	1.947	0.514	3.2272	10.4148
Modal	2	1.633	0.612	3.8474	14.8024
Modal	3	1.55	0.645	4.0546	16.4394
Modal	4	0.614	1.628	10.2265	104.5807
Modal	5	0.445	2.246	14.113	199.1778
Modal	6	0.422	2.372	14.9034	222.1104
Modal	7	0.314	3.183	20.0023	400.0921
Modal	8	0.212	4.715	29.6248	877.6266
Modal	9	0.198	5.059	31.7849	1010.283
Modal	10	0.196	5.109	32.1016	1030.51
Modal	11	0.141	7.092	44.5634	1985.899
Modal	12	0.138	7.241	45.4983	2070.093

Tabel 5.11 Modal Periode dan Frekuensi Gedung B

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	2.052	0.487	3.0615	9.3726
Modal	2	1.777	0.563	3.5352	12.4974
Modal	3	1.509	0.663	4.164	17.3391
Modal	4	0.651	1.535	9.6458	93.0408
Modal	5	0.49	2.04	12.8192	164.3315
Modal	6	0.362	2.765	17.3721	301.7888
Modal	7	0.348	2.87	18.0311	325.1189
Modal	8	0.239	4.186	26.2985	691.613
Modal	9	0.231	4.331	27.2146	740.6325
Modal	10	0.173	5.792	36.3934	1324.482
Modal	11	0.16	6.261	39.339	1547.554
Modal	12	0.157	6.364	39.9834	1598.674

Periode fundamental struktur terbesar yang didapat dari analisis ETABS pada gedung A = 1,947dt dan pada gedung B = 2,052dt, maka :

$$T_a < T_a \text{ ETABS} < C_u \times T_a$$

pada Gedung A :

$$1,689 < 1,947 < 2,364... \text{”OK”}$$

dan pada Gedung B

$$1,689 < 2,052 < 2,364... \text{”OK”}$$

## 5.6 Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_o}\right)} ; S_{DS} = 0,568 ; I_o = 1 ; R = 7$$

$$C_s = \frac{0,568}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0811$$

Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 7. (SNI 1726:2012 Tabel 9) Dan nilai Cs tidak lebih dari

$$C_s Gd. A = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_o}\right)} ; S_{D1} = 0,356 ; I_o = 1 ; R = 7 ; T = 1,947$$

$$C_s = \frac{0,356}{1,947 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0261$$

$$C_s Gd. B = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_o}\right)} ; S_{D1} = 0,356 ; I_o = 1 ; R = 7 ; T = 2,052$$

$$C_s = \frac{0,356}{2,052 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0257$$

Dan nilai Cs tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 \cdot S_{Ds} \cdot I_e$$

$$C_s = 0,044 \times 0,568 \times 1$$

$$C_s = 0,0249$$

Maka nilai Cs diambil 0,0249

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk bangunan apartemen sebesar 0,3, sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan (W) sebagai berikut

Tabel 5.12 Berat Efektif Gedung A

Load Case/Combo	FZ
	kgf
1D + 0.3L	11347997

Tabel 5.13 Berat Efektif Gedung B

Load Case/Combo	FZ
	kgf
1D + 0.3L	10494341

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$C_s = 0,0249$$

$$W_{Gd.A} = 11.347.997 \text{ kg}$$

$$W_{Gd.B} = 10.494.341 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_{Gd.A} &= C_s \times W_{Gd.A} \\ &= 0,0249 \times 11.347.997 \text{ kg} \\ &= 283.609,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{Gd.B} &= C_s \times W_{Gd.B} \\ &= 0,0249 \times 10.494.341 \text{ kg} \\ &= 262.274,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85V/V_t$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut :

Tabel 5.14 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Gedung A

Load Case	F <sub>x</sub> (kgf)	F <sub>y</sub> (kgf)
Gempa X Max	233719.7	110589.8
Gempa Y Max	98401.16	287972.8

$$V = 283.609,1 \text{ kg}$$

$$V_{xt} = 233719,7 \text{ kg}$$

$$V_{yt} = 287972,8 \text{ kg}$$

Maka untuk arah X,

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$233719,7kg > 241067,7.. "NOT OK"$$

Maka untuk arah Y

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$287972,8kg > 241067,7.. "OK"$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala 0,85V/Vt

$$\text{Arah X : } \frac{0,85.V}{V_{xt}} = \frac{241067,7}{233719,7} = 1,031$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada scale factor untuk Define Respons Spectra. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah :

Tabel 5.15 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah di Berikan Faktor Skala (Gedung A)

Load Case	Fx (kgf)	Fy (kgf)
Gempa X Max	241067.7699	114066.6797
Gempa Y Max	101494.8632	297026.5429

Maka untuk arah X,

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$241067,77kg > 241067,7.. "OK"$$

Maka untuk arah Y

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$297026,54kg > 241067,7.. "OK"$$

Tabel 5.16 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Gedung B

Load Case	Fx (kgf)	Fy (kgf)
Gempa X Max	228431.8	121940.1
Gempa Y Max	124254.1	214129.1

$$V = 262.274,6 \text{ kg}$$

$$V_{xt} = 228431,8 \text{ kg}$$

$$V_{yt} = 214129,1 \text{ kg}$$

Maka untuk arah X,

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$228431,8 \text{ kg} > 222933,38 \dots "OK"$$

Maka untuk arah Y

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$214129,1 \text{ kg} > 222933,38 \dots "NOT OK"$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala  $0,85V/V_t$

$$\text{Arah X : } \frac{0,85.V}{V_{xt}} = \frac{241067,7}{214129,1} = 1,041$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada scale factor untuk Define Respons Spectra. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah :

Tabel 5.17 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah di Berikan Faktor Skala (Gedung B)

Load Case	Fx (kgf)	Fy (kgf)
Gempa X Max	237824.1675	126953.9311
Gempa Y Max	129363.0386	222933.3847

Maka untuk arah X,

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$237824,17 \text{ kg} > 222933,38 \text{ .. "OK"}$$

Maka untuk arah Y

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$2222933,38 \text{ kg} > 222933,38 \text{ .. "OK"}$$

Ternyata hasil dari running ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

#### 5.7 Kontrol Sistem Ganda

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall :

Tabel 5.18 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y (Gedung A)

	Gempa X		Gempa Y	
Shear Wall	296951.6	72.89%	313520.5	74.12%
SRPM	110424.1	27.11%	103825.3	25.88%
Total	407375.7	100.00%	417345.8	100.00%

Tabel 5.19 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y (Gedung B)

	Gempa X		Gempa Y	
Shear Wall	207709	72.67%	189762.7	70.73%
SRPM	78123.54	27.33%	78531.25	29.27%
Total	285832.5	100.00%	268293.9	100.00%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

### 5.8 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90%.

Tabel 5.20 Modal Partisipasi Massa (Gedung A)

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	1.947	0.2432	0.028	0
Modal	2	1.633	0.6651	0.1101	0
Modal	3	1.55	0.6841	0.6885	0
Modal	4	0.614	0.7213	0.6936	0
Modal	5	0.445	0.7805	0.7929	0
Modal	6	0.422	0.8488	0.8492	0
Modal	7	0.314	0.8631	0.8516	0
Modal	8	0.212	0.8901	0.889	0
Modal	9	0.198	0.9103	0.9167	0
Modal	10	0.196	0.9227	0.9189	0
Modal	11	0.141	0.9228	0.9225	0
Modal	12	0.138	0.948	0.9247	0

Tabel 5.21 Modal Partisipasi Massa (Gedung B)

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	2.052	0.0971	0.1733	0
Modal	2	1.777	0.6556	0.326	0
Modal	3	1.509	0.7328	0.7042	0
Modal	4	0.651	0.7448	0.7352	0
Modal	5	0.49	0.866	0.7536	0
Modal	6	0.362	0.8701	0.866	0
Modal	7	0.348	0.8744	0.8801	0
Modal	8	0.239	0.9249	0.8862	0
Modal	9	0.231	0.9266	0.8936	0
Modal	10	0.173	0.9271	0.8978	0
Modal	11	0.16	0.9284	0.9401	0
Modal	12	0.157	0.9529	0.9415	0

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% 66 untuk arah X dan arah Y. maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

### 5.9 Kontrol Drift

Untuk control drift pada SNI 1726 : 2012, dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xE}}{I}$$

Dimana :

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = factor pembesaran defleksi (=5,5)(SNI 1726 : 2012 Tabel 9)

$I$  = factor keutamaan gedung (=1)

Tabel 5.22 Rumus Untuk Kontrol Drift

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen khusus (sistem ganda), drift dibatasi sebesar :

$$\Delta = 0,020 \cdot h_{sx}$$

$$= 0,020 \times 5000 = 100 \text{ mm (Lantai Basement)}$$

$$\Delta = 0,020 \cdot h_{sx}$$

$$= 0,020 \times 3500 = 70 \text{ mm (Lantai 1 – 14)}$$

Tabel 5.23 Gempa Arah X (Gedung A)

Lantai	$\bar{g}_{xe}$	$\bar{g}_x$	Drift ( $\Delta n$ )	Syarat ( $\Delta a$ )	Ket.
14	40.742	2.35	12.925	70	OK!
13	38.392	2.873	15.8015	70	OK!
12	35.519	3.052	16.786	70	OK!
11	32.467	3.146	17.303	70	OK!
10	29.321	3.288	18.084	70	OK!
9	26.033	3.143	17.2865	70	OK!
8	22.89	3.198	17.589	70	OK!
7	19.692	3.193	17.5615	70	OK!
6	16.499	3.132	17.226	70	OK!
5	13.367	3.007	16.5385	70	OK!
4	10.36	2.736	15.048	70	OK!
3	7.624	2.526	13.893	70	OK!
2	5.098	2.208	12.144	70	OK!
1	2.89	1.73	9.515	70	OK!
Basement	1.16	0	0	100	OK!

Tabel 5.24 Gempa Arah Y (Gedung A)

Lantai	$\bar{g}_{ye}$	$\bar{g}_y$	Drift ( $\Delta n$ )	Syarat ( $\Delta a$ )	Ket.
14	29.531	1.722	9.471	70	OK!
13	27.809	1.925	10.5875	70	OK!
12	25.884	2.04	11.22	70	OK!
11	23.844	2.154	11.847	70	OK!
10	21.69	2.29	12.595	70	OK!
9	19.4	2.295	12.6225	70	OK!
8	17.105	2.358	12.969	70	OK!
7	14.747	2.37	13.035	70	OK!
6	12.377	2.34	12.87	70	OK!
5	10.037	2.266	12.463	70	OK!
4	7.771	2.093	11.5115	70	OK!
3	5.678	1.924	10.582	70	OK!
2	3.754	1.654	9.097	70	OK!
1	2.1	1.268	6.974	70	OK!
Basement	0.832	0	0	100	OK!

Tabel 5.25 Gempa Arah X (Gedung B)

Lantai	$\bar{g}_{xe}$	$\bar{g}_x$	Drift ( $\Delta n$ )	Syarat ( $\Delta a$ )	Ket.
14	28.385	1.55	8.525	70	OK!
13	26.835	1.664	9.152	70	OK!
12	25.171	1.751	9.6305	70	OK!
11	23.42	1.864	10.252	70	OK!
10	21.556	1.979	10.8845	70	OK!
9	19.577	2.084	11.462	70	OK!
8	17.493	2.177	11.9735	70	OK!
7	15.316	2.249	12.3695	70	OK!
6	13.067	2.29	12.595	70	OK!
5	10.777	2.285	12.5675	70	OK!
4	8.492	2.218	12.199	70	OK!
3	6.274	2.071	11.3905	70	OK!
2	4.203	1.817	9.9935	70	OK!
1	2.386	1.415	7.7825	70	OK!
Basement	0.971	0	0	100	OK!

Tabel 5.26 Gempa Arah Y (Gedung B)

Lantai	$\bar{g}_{ye}$	$\bar{g}_y$	Drift ( $\Delta n$ )	Syarat ( $\Delta a$ )	Ket.
14	37.695	2.361	12.9855	70	OK!
13	35.334	2.647	14.5585	70	OK!
12	32.687	2.717	14.9435	70	OK!
11	29.97	2.782	15.301	70	OK!
10	27.188	2.846	15.653	70	OK!
9	24.342	2.896	15.928	70	OK!
8	21.446	2.929	16.1095	70	OK!
7	18.517	2.933	16.1315	70	OK!
6	15.584	2.898	15.939	70	OK!
5	12.686	2.811	15.4605	70	OK!
4	9.875	2.654	14.597	70	OK!
3	7.221	2.412	13.266	70	OK!
2	4.809	2.063	11.3465	70	OK!
1	2.746	1.578	8.679	70	OK!
Basement	1.168	0	0	100	OK!

Simpangan yang terjadi didapat dari hasil program bantu ETABS. Berdasarkan persyaratan besarnya kinerja layan yang terjadi pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, yaitu:

$$\Delta n = \frac{(\delta 2 - \delta 1) C d}{I} < \Delta a$$

Sehingga berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan Sumbu Y memenuhi persyaratan.



## BAB 6

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 6.1 Perencanaan Pelat

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 14 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 7 cm dan pelat cor setempat dan overtopping 7 cm. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013). Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu:

1. Sebelum komposit, keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat dapat dianggap sebagai perletakan bebas ada beban kerja.
2. Sesudah komposit, keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis pada dua sisi.

Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada ketiga keadaan yang direncanakan.

##### 6.1.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan Half Slab menurut preliminary design :

Tebal Pelat	= 14cm
Mutu Beton	= 40 MPa
Mutu Baja	= 410 MPa
Diameter Tulangan Rencana	= 10 mm

## 6.1.2 Pembebanan

## a. Pembebanan Pelat Lantai

Sebelum Komposit

Beban Mati (DL)

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

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

Beban Hidup (LL)

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

Setelah Komposit

Beban mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon + Penggantung} = 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ubin (t = 1 cm)} = 0,01 \times 2400 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 1 cm)} = 0,01 \times 2400 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plumbing + Sanitasi} = 10 + 20 = 30 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = 432 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pada lantai apartemen} = 192 \text{ kg/m}^2$$

## b. Pembebanan Pelat Atap

Sebelum Komposit

Beban Mati (DL)

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

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

Beban Hidup (LL)

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

Setelah Komposit

Beban mati (DL)		
Berat sendiri	$= 0,14 \times 2400$	$= 336 \text{ kg/m}^2$
Plafon + Penggantung	$= 11 + 7$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Aspal (t = 1 cm)	$= 0,01 \times 1400$	$= 14 \text{ kg/m}^2$
Spesi (t = 1 cm)	$= 0,01 \times 2400$	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Plumbing + Sanitasi	$= 10 + 20$	$= 30 \text{ kg/m}^2$
	DL	$= 422 \text{ kg/m}^2$
Beban Hidup (LL)		
Beban hidup pada atap		$= 100 \text{ kg/m}^2$

### c. Kombinasi pembebanan pelat

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.2.1 didapatkan  $Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$

Perhitungan kombinasi pembebanan pelat lantai

Keadaan 1 sebelum komposit, ada beban kerja

$$Q_u = 1,2 \times 168 + 1,6 \times 100 = 361,6 \text{ kg/m}^2$$

Keadaan 2, setelah komposit

$$Q_u = 1,2 \times 432 + 1,6 \times 192 = 825,6 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan kombinasi pembebanan pelat atap

Keadaan 1 sebelum komposit, ada beban kerja

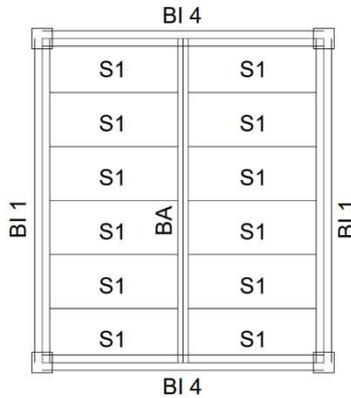
$$Q_u = 1,2 \times 168 + 1,6 \times 100 = 361,6 \text{ kg/m}^2$$

Keadaan 2, setelah komposit

$$Q_u = 1,2 \times 422 + 1,6 \times 100 = 666,4 \text{ kg/m}^2$$

### 6.1.3 Perhitungan Tulangan Pelat

Semua plat didesain mendistribusikan beban secara 1 arah. Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua adalah penulangan sesudah komposit. Berikut ini merupakan langkah-langkah dan perhitungan yang digunakan dalam menentukan penulangan pelat, antara lain :



Gambar 6.1 Denah Pelat

a. Data perencanaan

Dimensi pelat S1	: 275 cm x 200 cm
Tebal pelat pracetak	: 70 mm (sebelum komposit)
Tebal overtopping	: 70 mm
Tebal selimut beton	: 20 mm
Diameter tulangan rencana	: 10 mm
Mutu tulangan baja ( $f_y$ )	: 420 MPa
Mutu beton ( $f'_c$ )	: 40 Mpa

Kondisi sebelum komposit

$$dy = 70 - 20 - \frac{10}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$dx = 70 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 35 \text{ mm}$$

Kondisi setelah komposit

$$dy = 140 - 20 - \frac{10}{2} = 115 \text{ mm}$$

$$dx = 140 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$$

Untuk mutu beton  $f'_c = 40$  Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,76 \geq 0,65$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$As \text{ tulangan} = \frac{1}{4} x \pi x d^2 = \frac{1}{4} x \pi x 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As x fy}{0,85 x f'c x b} = \frac{78,54 x 420}{0,85 x 40 x 1000} = 0,971 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0,947}{0,76} = 1,27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \left( \frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left( \frac{10}{1,24} - 1 \right) 0,0206 = 0,021$$

Sehingga berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.3 didapat  $\phi = 0,9$

$\rho_{min} = 0,0018$  sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 7.12.2.1

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Dan telah didapatkan dari preliminary design

$L_y = 237,5 \text{ cm}$

$L_x = 180 \text{ cm}$

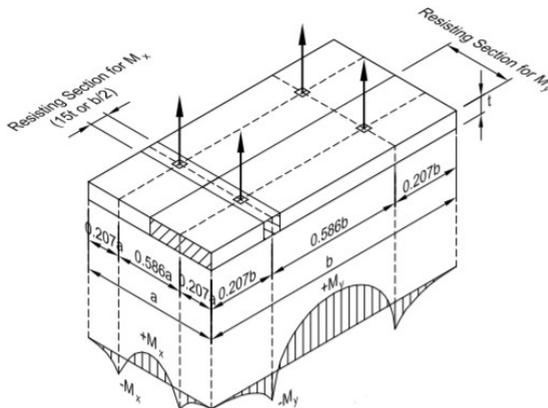
#### b. Perhitungan Penulangan Pelat Sebelum Komposit

Menentukan momen ( $M_u$ ) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien SNI 2847 : 2013 pasal 8.3.3 didapat persamaan momen untuk asumsi ujung tak menerus tak terkekang saat sebelum overtopping, beban yang digunakan adalah beban saat kondisi 1,  $Q_u = 563,2 \text{ kg/m}^2$

$$M_{ult}^+ = \frac{1}{11} Q_u x L_y^2$$

$$M_{ult}^+ = \frac{1}{11} 563,2 x 237,5^2 = 387,2$$

Dalam pemasangan pelat pracetak, perlu diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan elemen (erection). Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan buku “PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition” seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 dibawah ini dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu :



Gambar 6.2 Posisi Titik Angkat Pelat  
(Sumber : PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition)

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

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

Pada pelat tipe S1

$$a = 2 \text{ m}$$

$$b = 2,75 \text{ m}$$

Pada perhitungan beban ultimate menggunakan tower crane ditambahkan koefisien kejut ( $k = 1,3$ ) pada saat pengangkatan berdasarkan brosur peikko.

$$k = 1,3$$

$$w = k(1,4 \text{ DL})$$

$$w = 1,3(1,4 \times 0,7 \times 2400) = 305,76 \text{ kg/m}$$

Maka

$$M_x = 0,0107 \times 305,76 \times 2^2 \times 2,75 = 35,98 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,0107 \times 305,76 \times 2 \times 2,75^2 = 49,48 \text{ kg.m}$$

Sehingga beban lentur yang digunakan  $M_x = 35,98 \text{ kg.m}$  dan  $M_y = 49,48 \text{ kg.m}$

Penulangan arah X Tumpuan dan Lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times 1000 \times dx^2} = \frac{359800}{0,9 \times 1000 \times 35^2} = 0,326$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,326}{420}} \right) = 0,000781 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0018$  dipakai  $\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 35 = 63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s \text{ D10}} \\ &= \frac{63}{78,54} = 0,802 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_s \text{ D10} \\ &= 3 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 235,62 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu...OK} \end{aligned}$$

Jarak tulangan utama  $\leq 450 \text{ mm}$  dan  $3t_b = 210 \text{ mm}$ , maka :

$$S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10 – 300mm

Penulangan arah Y Tumpuan dan Lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times 1000 \times dy^2} = \frac{494800}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 0,271$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,271}{420}} \right) = 0,006277\end{aligned}$$

$\rho_{perlu} > \rho_{min} = 0,0018$  dipakai  $\rho_{perlu} = 0,00703$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$\begin{aligned}As_{perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006277 \times 1000 \times 35 = 282,465 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ tulangan} &= \frac{As_{perlu}}{\frac{As \text{ D10}}{78,54}} \\ &= \frac{282,465}{78,54} = 3,596 \approx 5 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times \text{As D10} \\ &= 5 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 > \text{As perlu...OK}\end{aligned}$$

Jarak tulangan utama  $\leq 450 \text{ mm}$  dan  $3t_b = 210 \text{ mm}$ , maka :

$$S = 1000/5 = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10 – 200mm

c. Penulangan Pelat Sesudah Komposit

Beban yang digunakan saat kondisi 2,  $Qu = 825,6 \text{ kg/m}^2$

$$Muly^+ = \frac{1}{16} Qu \times Ly^2$$

$$Muly^+ = \frac{1}{16} 825,6 \times 237,5^2 = 291,05$$

$$Muty^- = \frac{1}{24} Qu \times Ly^2$$

$$Muty^- = \frac{1}{24} 825,6 \times 237,5^2 = 194,03$$

Pada kondisi ini momen negative ditahan oleh tulangan yang dipasang diatas beton pracetak kemudian diberi overtopping  $d_y = 70 \text{ mm}$

Penulangan arah X

Merupakan tulangan pembagi sehingga dipakai  $\rho_{min}$

$\rho_{min} = 0,0018$  didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d \\ = 0,0018 \times 1000 \times 105 = 189 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s \text{ D1}}} \\ = \frac{189}{78,54} = 2,406 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{As pasang} = \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{s \text{ D10}} \\ = 3 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ = 235,62 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots \text{OK}$$

Jarak tulangan utama  $\leq 450 \text{ mm}$  dan  $3t_b = 420 \text{ mm}$ , maka :

$$S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10 – 300mm

Penulangan arah Y Lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times 1000 \times d_y^2} = \frac{2910500}{0,9 \times 1000 \times 115^2} = 0,2445$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,2445}{420}} \right) = 0,00058$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min} = 0,0018$  dipakai  $\rho_{min} = 0,0018$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d \\ = 0,0018 \times 1000 \times 115 = 207 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s D1} \\ &= \frac{207}{78,54} = 2,64 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times \text{As D10} \\ &= 3 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 235,62 \text{ mm}^2 > \text{As perlu...OK} \end{aligned}$$

Jarak tulangan utama  $\leq 450 \text{ mm}$  dan  $3t_b = 210 \text{ mm}$ , maka :

$$S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10 – 300mm

Penulangan arah Y tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times 1000 \times d y^2} = \frac{1940300}{0,9 \times 1000 \times 115^2} = 0,163$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,163}{420}} \right) = 0,00038 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0018$  dipakai  $\rho_{\text{min}} = 0,0018$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 115 = 126 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s D10} \\ &= \frac{126}{78,54} = 1,604 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times \text{As D10} \\ &= 3 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 235,62 \text{ mm}^2 > \text{As perlu...OK} \end{aligned}$$

Jarak tulangan utama  $\leq 450 \text{ mm}$  dan  $3t_b = 210 \text{ mm}$ , maka :

$$S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10 – 300mm

#### 6.1.4 Penulangan Stud Pelat Lantai

Perhitungan stud pelat 2,75 m x 2 m

$$\begin{aligned} Cc &= 0,85 \cdot f'c \cdot A_{topping} \\ &= 0,85 \times 40 \times 70 \times 1000 \text{ mm} \\ &= 2380 \text{ KN} \end{aligned}$$

Dipakai stud  $\varnothing$  10 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times x = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$V_{nh} = C = T$$

$$= A_s \times f_y$$

$$= 78,54 \times 420 = 32986,72 \text{ N} = 32,98 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} 0,55 A_c &= 0,55 \times b_v \times d \\ &= 0,55 \times 1000 \times 140 \\ &= 77 \text{ KN} > V_{nh} \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 17.5.3.1, Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan 17.6 dan bidang kontakannya bersih dan bebas dari serpihan sengaja dikasarkan, maka kuat geser  $V_{nh}$  tidak boleh diambil lebih dari 0,55  $b_v \cdot d$  dalam Newton. Pasal 17.6.1 berbunyi bahwa bila sengkang pengikat dipasang untuk menyalurkan geser horisontal, maka luas sengkang pengikat tidak boleh kurang luas daripada luas yang diperlukan oleh 11.4.6.3, dan spasi sengkang pengikat tidak boleh melebihi 87 empat kali dimensi terkecil elemen yang didukung ataupun 600 mm. SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.6.3 :

$$S_{maks} = 4h = 4 \times 70 = 280 \text{ mm} \text{ atau } S_{maks} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S_{pakai} = 150 \text{ mm}$$

SNI 2847 : 2013 Pasal 11.4.6.3 :

$$\begin{aligned} A_{v_{min}} &= 0,062 \sqrt{f'c} \frac{b_w \times s}{f_y} \\ &= 0,062 \sqrt{40} \frac{1000 \times 150}{420} = 140,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_v \geq \frac{0,35 \times b_w \times S}{f_y}$$

$$A_v \geq \frac{0,35 \times 1000 \times 150}{420} = 157$$

$$\text{maka, } A_{v_{min}} = 157 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang stud (shear connector)  $\text{Ø}10\text{-}150$  mm ( $A_v = 157 \text{ mm}^2$ ).

#### 6.1.5 Kontrol Lendutan

Tebal pelat yang dipakai lebih besar dari tabel minimum pelat seperti yang disyaratkan SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3, maka tidak perlu dilakukan control terhadap lendutan.

#### 6.1.6 Perhitungan Tulangan Angkat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat S1 dengan dimensi 2,75 m x 1,05 m dengan empat titik pengangkatan (four point pick up).

Perhitungan Tulangan Angkat Pelat

$$DL = 0,07 \times 2,75 \times 1,05 \times 2400 = 485,1 \text{ kg}$$

Momen akibat pengangkatan yang terjadi pada pelat :

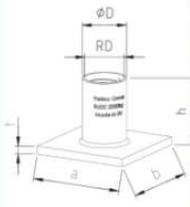
$$\text{Beban ultimate} = 1,3 \times 1,4 \times 485,1 = 882,88 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya angkat (P) setiap titik} = \frac{882,88}{4} = 220,72 \text{ kg}$$

$$\beta = \text{arc tan} \frac{0,566 \times a}{2 \times 0,9} = \frac{0,566 \times 1,05}{2 \times 0,9} = 14,97^\circ < 45^\circ$$

Tabel 6.1 Spesifikasi Lifting Tools Peikko

Table 8: Dimensions Peikko JENKA PSA-Anchor

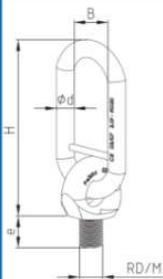


Article Nr.	Type	Dimensions					Load Capacity	Fs *	
		ØD [mm]	h [mm]	a [mm]	b [mm]	t [mm]			
PSA12x30	RD	12	15,0	30	35	25	4	500	5
PSA14x33		14	18,0	33	35	35	4	800	8
PSA16x35		16	21,0	35	50	35	4	1200	12
PSA18x44		18	24,0	44	60	45	5	1600	16
PSA20x47		20	27,0	47	60	60	5	2000	20
PSA24x54		24	31,0	54	80	60	5	2500	25
PSA30x72		30	40,0	72	100	80	6	4000	40
PSA36x84		36	47,0	84	130	100	6	6300	63
PSA42x98		42	54,0	98	130	130	8	8000	80
PSA52x117		52	67,0	117	150	130	10	12500	125

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

(Note: A load force for a mass of 1 ton demands a force of approximately 10 kN)

Table 18: Dimensions Peikko JENKA Lifter



Article Nr.	Type	Dimensions				Load Capacity	Fs *	Fq *
		B [mm]	H [mm]	e [mm]	Ød [mm]			
JL12	R or M	50	150	19	13	500	5	2,5
JL14		50	150	21	13	800	8	4,0
JL16		50	150	24	13	1200	12	6,0
JL18		50	162	27	16	1600	16	8,0
JL20		50	162	29	16	2000	20	10,0
JL24		50	162	35	16	2500	25	12,5
JL30		50	177	43	22	4000	40	20,0
JL36		50	177	52	22	6300	63	31,5
JL42		65	218	60	26	8000	80	40,0
JL52		65	218	73	26	12500	125	62,5

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

\* Fq= Allowed load force at 90°

Maka dipasang PSA 14 x 33 dan JL14

Kontrol Retak

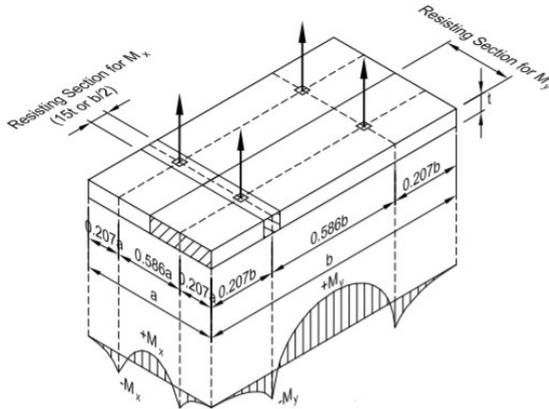
$$f_{pelat} < f_{cr}$$

 $f_{cr}$  untuk beton 28 hari

$$f_{cr} = 0,7\sqrt{f'c} = 0,7\sqrt{40} = 4,427 \text{ Mpa}$$

$$Yc = h \text{ PA } 14 \times 33 = 35\text{mm} = 0,035\text{m}$$

Berdasarkan PCI Design Handbook, Precast and Prestressed Concrete, 6th Edition, momen maksimum diperhitungkan dengan rumus :



Gambar 6.3 Posisi Titik Angkat Pelat  
(Sumber : PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition)

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

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

Pada pelat tipe S1

$$a = 1,05 \text{ m}$$

$$b = 2,75 \text{ m}$$

Pada perhitungan beban ultimate menggunakan tower crane ditambahkan koefisien kejut ( $k = 1,3$ ) pada saat pengangkatan berdasarkan brosur peikko.

$$k = 1,3$$

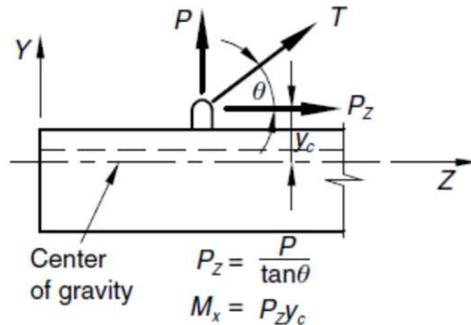
$$w = k(1,4 \text{ DL})$$

$$w = 1,3(1,4 \times 0,7 \times 2400) = 305,76 \text{ kg/m}$$

Maka

$$M_x = 0,0107 \times 305,76 \times 1,05^2 \times 2,75 = 9,919 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,0107 \times 305,76 \times 1,05 \times 2,75^2 = 25,979 \text{ kg.m}$$



Gambar 6.4 Reaksi Akibat Pengangkatan

My ditahan oleh penampang selebar  $a/2 = 105/2 = 52,5$  cm  
 $P = 441,44$  kg

$$M_y = \left( \frac{P \times Y_c}{\text{tg}(90 - \beta)} \right) = \left( \frac{441,44 \times 0,035}{\text{tg}(90 - 90)} \right) = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tot}} = 25,979 + 0 = 25,979 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 52,5 \times 7^2 = 428,75 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{\text{tot}}}{Z} = \frac{25,979 \times 10^4}{428,75 \times 10^3} = 0,605 < f_r$$

$$= 4,427 \text{ MPa "OK"}$$

Mx ditahan oleh penampang selebar  $15t = 105$ cm atau  $b/2 = 137,5$  cm (diambil yang terkecil = 105cm)

$$P = 441,44 \text{ kg}$$

$$M_x = \left( \frac{P \times Y_c}{\text{tg}(90 - \beta)} \right) = \left( \frac{220,72 \times 0,035}{\text{tg}(90 - 14,97)} \right) = 2,0659 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tot}} = 9,919 + 2,0659 = 11,985 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 105 \times 7^2 = 857,5 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{\text{tot}}}{Z} = \frac{11,985 \times 10^4}{857,5 \times 10^3} = 0,139 < f_r$$

$$= 4,427 \text{ MPa "OK"}$$

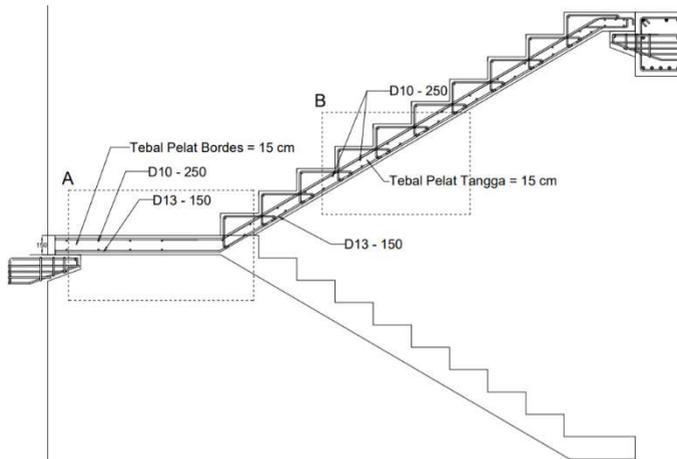
Tabel 6.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Dimensi (cm)			Tulangan Utama	Tulangan Pembagi	Stud	Profil Anchor	Profil Lifter
275	x	200	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
275	x	245	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
200	x	200	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
200	x	245	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
300	x	100	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 14 x 33	JL 14
300	x	245	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
300	x	200	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
315	x	200	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
315	x	245	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 16x 35	JL 16
315	x	100	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 14 x 33	JL 14
275	x	100	D10-200	D10-300	D10-150	PSA 14 x 33	JL 14

## 6.2 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Struktur tangga ke atas dan ke bawah tipikal. Diambil perhitungan untuk tangga Lantai 1-2

### 6.2.1 Tangga Lantai 1-14



Gambar 6.5 Desain Tangga

## Data Perencanaan Tangga

• Tinggi Lantai	: 350 cm
• Tinggi Tanjakan (t)	: 17,5 cm
• Lebar Injakan (i)	: 30 cm
• Lebar Tangga	: 130 cm
• Tebal Pelat Tangga (tp)	: 15 cm
• Tebal Pelat Bordes	: 15 cm
• Jumlah Injakan (nt)	: 9 buah
• Jumlah Tanjakan (ni)	: 10 buah
• Jumlah Tanjakan ke Bordes	: 10 buah
• Jumlah Tanjakan Bordes ke Lantai 2	: 10 buah
• Elevasi Bordes	: 175 cm
• Lebar Bordes	: 130 cm
• Panjang Bordes	: 140 cm
• Panjang Horizontal pelat tangga	: 270 cm
• Kemiringan Tangga ( $\alpha$ )	: $\text{arc tan } \alpha =$
	$\frac{175}{270} \rightarrow \alpha = 32,95^\circ$

## Cek syarat

- $60 \leq (2t + i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 17,5 + 30) \leq 65$   
 $60 \leq 65 \leq 65$  (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$   
 $25^\circ \leq 32,95^\circ \leq 45^\circ$  (OK)

## Tebal pelat anak tangga rata-rata

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{i}{2}\right) \sin \alpha \\
 &= \left(\frac{30}{2}\right) \sin 32,95 \\
 &= 8,158 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## Tebal pelat rata – rata (tr)

$$\begin{aligned}
 &= \text{tp} + \text{tr} \\
 &= 15 + 8,158 \\
 &= 23,158 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## 6.2.2 Perhitungan Analisa Struktur

### Pelat Tangga

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat Tangga} = \frac{0,2315 \times 2400 \times 1}{\cos 32,95^\circ} = 662,337 \text{ kg/m}$$

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

$$\text{Spesi} = 21 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m}$$

$$q_d = 757,337 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$q_l = 192 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 (757,337) + 1,6 (192) \\ &= 1216,005 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat Tangga} = 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$$

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

$$\text{Spesi} = 21 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m}$$

$$q_d = 455 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$q_l = 192 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 (455) + 1,6 (192) \\ &= 853,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### Perhitungan Gaya Datang

**Reaksi Perletakan**

$$q_{u1} = 1216,005 \text{ kg/m}$$

$$q_{u2} = 853,2 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_c(4.3) - q_2(1.3)(3.65) - q_1(3)(1.5) = 0$$

$$R_c = \frac{(853,2 \times 1,3 \times 3,65) + (1216,005 \times 3 \times 1,5)}{4.3}$$

$$R_c = 2009,42 \text{ Kg}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$R_a = q_1(1.3) + q_2(3) - R_c = 0$$

$$R_a = 853,2(1.3) + 1216,005(3) - 2009,42$$

$$R_a = 2747,755 \text{ Kg}$$

### Gaya Dalam

#### B - C

$$\text{Bidang N} \rightarrow N_{bc} = 0$$

$$\text{Bidang D} \rightarrow D_c = R_c = 2009,42 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow D_{bkanan} &= R_c - q_2(1.3) \\ &= 900,26 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Bidang M} \rightarrow M_c = 0$$

$$M_{max} = M_{bkiri} = R_c(1.3) - 0,5 q_2(1.3)^2$$

$$M_{bkiri} = 1891,29 \text{ kgm}$$

#### A-B

$$\begin{aligned} \text{Bidang N} \rightarrow N_a &= -R_a \sin \alpha + H_a \cos \alpha \\ &= 2747,755 \cdot \sin 32,95^\circ + 0 \\ &= -1494,491 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow N_b &= N_a + (q_1 \cdot \cos \alpha \cdot Lab) \\ &= -1494,491 + \\ &\quad (1216,005 \cdot \cos 32,95^\circ \cdot 3) \\ &= 1566,751 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bidang D} \rightarrow D_a &= R_a \cdot \cos \alpha + H_a \cdot \sin \alpha \\ &= 2747,755 \cdot \cos 32,95^\circ - 0 \\ &= 1686,211 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow D_{bkiri} &= D_a - (q_1 \cos \alpha \cdot Lab) \\ &= 1686,211 - (1216,005 \cos 32,95^\circ \cdot 3) \\ &= -1375,032 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\mathbf{Bidang M} \rightarrow Ma = 0$$

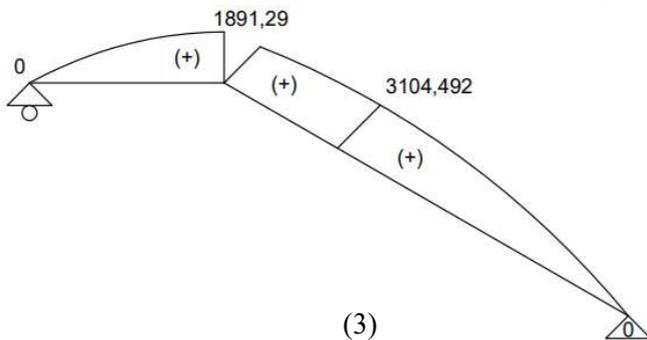
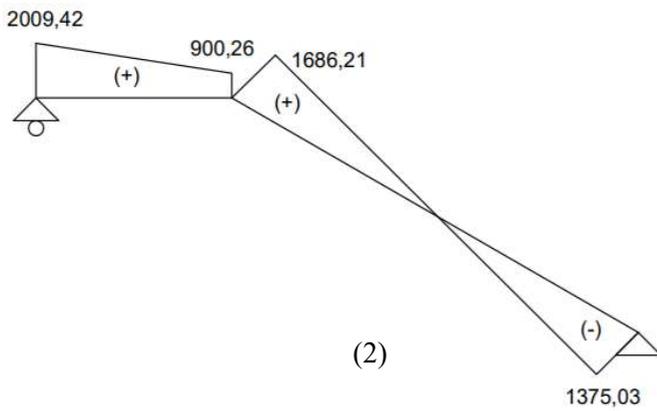
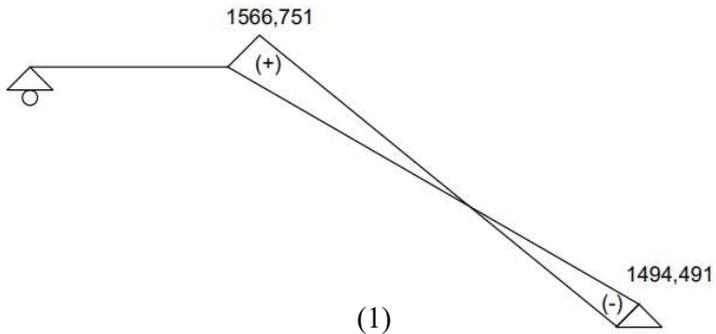
$$M_{\max} \rightarrow D_x = 0$$

$$Ra - q \cdot X_1 = 0$$

$$X_1 = \frac{2747,755}{1216,005} = 2,259 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 2747,755 \times 2,259 - 0,5 \times 1216,005 \times 2,259^2 \\ &= 3104,492 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{\text{bkiri}} = 1891,292 \text{ Kg.m}$$



Gambar 6.6 Gaya Dalam Bidang N (1) Bidang D (2) Bidang M  
(3)

### 6.2.3 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

#### Pelat Tangga

$$f'c = 40 \text{ Mpa}$$

$$fy = 420 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,764 \text{ (Untuk } f'c = 40 \text{ MPa)}$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,05$$

$$\text{Tebal pelat tangga} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang} = 1300 \text{ mm}$$

$$\text{Direncanakan tulangan} = D13 \text{ mm (As} = 132,7 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tebal selimut beton (d')} = 20 \text{ mm}$$

$$dx = 150 - 20 - (0,5 \times 13) = 123,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 3104,492 \text{ kg.m} = 31044920 \text{ N.mm}$$

$$Vu = 1686,21 \text{ kg}$$

$$Nu = 1566,75 \text{ kg}$$

#### Perhitungan Penulangan

##### Penulangan Longitudinal (SNI 2847 : 2013, Pasal 9.3.2.7)

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times 1000 \times dy^2} = \frac{31044920}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 2,26$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,059} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,059 \times 2,26}{410}} \right) = 0,0057 \end{aligned}$$

$\rho_{perlu} > \rho_{min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{perlu} = 0,0057$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

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

$$= 0,0084 \times 1000 \times 123,5 = 705,537 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As D10}$$

$$= \frac{705,537}{132,7} = 5,315 \approx 6 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = 1000/6 = 166,67$$

### Digunakan tulangan lentur D13 – 150

#### Penulangan Geser (SNI 2847 : 2013, Pasal 11.2.1.2)

$$V_c = 0,17 x \left( 1 + \frac{Nu}{Ag x 14} \right) x \sqrt{f'_c} x bw x d$$

$$V_c = 0,17 x \left( 1 + \frac{1566,75}{1300 x 120 x 14} \right) x \sqrt{40} x 1000 x 123,5$$

$$= 132.860,836 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{1686,21}{0,9} = 18.735,67 \text{ N}$$

$V_c > V_n \rightarrow$  Tidak perlu tulangan geser

#### Penulangan Susut (SNI 2847 : 2013, Pasal 7.12.2.1)

Tulangan susut menggunakan  $\rho_{min} = 0,002$

$$A_s = \rho x b x d = 0,002 x 1000 x 123,5 = 247 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan :

$$n = \frac{247}{78,5} = 3,145 \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = 1000/4 = 250$$

### Digunakan tulangan lentur D10 – 250

#### Bordes

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

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

$$\beta_1 = 0,764 \text{ (Untuk } f'_c = 40 \text{ MPa)}$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 x 40} = 12,05$$

Tebal pelat tangga = 150 mm

Panjang = 1300 mm

Direncanakan tulangan = D13 mm ( $A_s = 132,7 \text{ mm}^2$ )

Tebal selimut beton ( $d'$ ) = 20 mm

$dx = 150 - 20 - (0,5 \times 13) = 123,5$  mm

$M_u = 1891,291$  kg.m = 18912910 N.mm

$V_u = 2009,42$  kg

### Perhitungan Penulangan

#### Penulangan Longitudinal (SNI 2847 : 2013, Pasal 9.3.2.7)

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times 1000 \times d^2} = \frac{18912910}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 1,55$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,059} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,059 \times 1,55}{420}} \right) = 0,0038 \end{aligned}$$

$\rho_{perlu} > \rho_{min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{perlu} = 0,0038$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0038 \times 1000 \times 123,5 = 478,05 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s D1}$$

$$= \frac{478,05}{132,7} = 3,601 \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = 1000/4 = 250$$

### Digunakan tulangan lentur D13 – 250

#### Penulangan Geser (SNI 2847 : 2013, Pasal 11.2.1.2)

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{N_u}{A_g \times 14} \right) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$Vc = 0,17 x \left( 1 + \frac{2009,42}{1300 x 120 x 14} \right) x \sqrt{40} x 1000 x 123,5$$

$$= 132.784,039 \text{ N}$$

$$Vn = \frac{Vu}{\phi} = \frac{2009,42}{0,9} = 2.232,69 \text{ N}$$

**$Vc > Vn \rightarrow$  Tidak perlu tulangan geser**

### **Penulangan Susut (SNI 2847 : 2013, Pasal 7.12.2.1)**

Tulangan susut menggunakan  $\rho_{min} = 0,002$

$$As = \rho x b x d = 0,002 x 1000 x 123,5 = 247 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan :

$$n = \frac{247}{78,5} = 3,145 \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = 1000/4 = 250$$

### **Digunakan tulangan lentur D10 – 250**

Perhitungan Tulangan Angkat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat S1 dengan dimensi 4 m x 1,3 m dengan empat titik pengangkatan (four point pick up).

Perhitungan Tulangan Angkat Pelat

$$DL = 0,2315 x 4 x 1,3 x 2400 = 3106,935 \text{ kg}$$

Momen akibat pengangkatan yang terjadi pada pelat :

$$\text{Beban ultimate} = 1,3 x 1,4 x 2704,45 = 5250,72 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya angkat (P) setiap titik} = \frac{5250,72}{4} = 1312,68 \text{ kg}$$

$$\beta = \text{arc tan} \frac{0,566 x a}{2 x 0,9} = \frac{0,566 x 1,4}{2 x 0,9} = 22,23^\circ < 45^\circ$$

Tabel 6.3 Spesifikasi Lifting Tools Peikko

Table 5: Dimensions Peikko JENKA BSA-Anchor

Article Nr.	Type	Dimensions			Load Capacity	Fs *
		RD	ØD [mm]	h [mm]		
BSA12x60	12	15,0	60	22	500	5
BSA14x70	14	18,0	70	25	800	8
BSA16x80	16	21,0	80	27	1200	12
BSA16x90	18	24,0	90	34	1600	16
BSA20x100	20	27,0	100	35	2000	20
BSA24x115	24	31,0	115	43	2500	25
BSA30x150	30	40,0	150	56	4000	40

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

(Note: A load force for a mass of 1 ton demands a force of approximately 10 kN)

Table 18: Dimensions Peikko JENKA Lifter

Article Nr.	Type	Dimensions				Load Capacity	Fs *	Fq *
		B [mm]	H [mm]	e [mm]	Ød [mm]			
JL12	12	50	150	19	13	500	5	2,5
JL14	14	50	150	21	13	800	8	4,0
JL16	16	50	150	24	13	1200	12	6,0
JL18	18	50	162	27	16	1600	16	8,0
JL20	20	50	162	29	16	2000	20	10,0
JL24	24	50	162	35	16	2500	25	12,5
JL30	30	50	177	43	22	4000	40	20,0
JL36	36	50	177	52	22	6300	63	31,5
JL42	42	65	218	60	26	8000	80	40,0
JL52	52	65	218	73	26	12500	125	62,5

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

\* Fq= Allowed load force at 90°

Maka dipasang PSA 16x80 dan JL16

Kontrol Retak

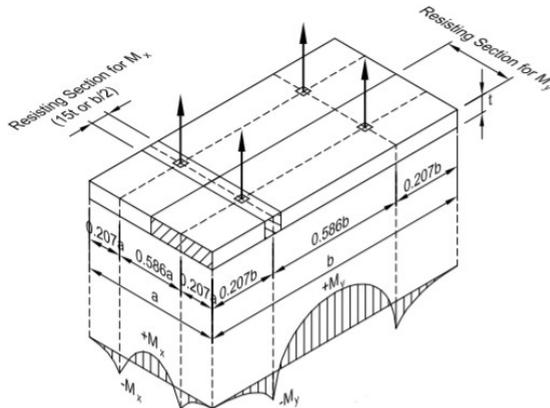
$$f_{pelat} < f_{cr}$$

$f_{cr}$  untuk beton 28 hari

$$f_{cr} = 0,7 \sqrt{f'c} = 0,7 \sqrt{40} = 4,427 \text{ Mpa}$$

$$Yc = h \text{ BSA } 16x80 = 8 \text{ cm}$$

Berdasarkan PCI Design Handbook, Precast and Prestressed Concrete, 6th Edition, momen maksimum diperhitungkan dengan rumus :



Gambar 6.7 Posisi Titik Angkat Pelat  
(Sumber : PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition)

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

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

Pada pelat tipe S1

$$a = 1,4 \text{ m}$$

$$b = 4 \text{ m}$$

Pada perhitungan beban ultimate menggunakan tower crane ditambahkan koefisien kejut ( $k = 1,3$ ) pada saat pengangkatan berdasarkan brosur peikko.

$$k = 1,3$$

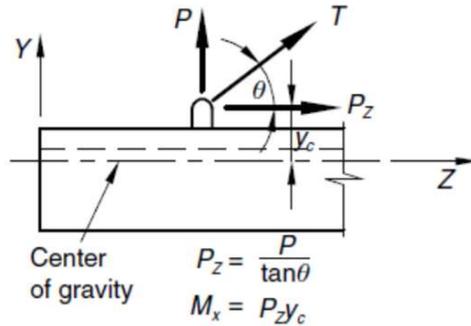
$$w = k(1,4 \text{ DL})$$

$$w = 1,3(1,4 \times 0,2315 \times 2400) = 939,306 \text{ kg/m}$$

Maka

$$M_x = 0,0107 \times 939,306 \times 1,4^2 \times 4 = 73,04 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,0107 \times 939,306 \times 1,4 \times 4^2 = 242,49 \text{ kg.m}$$



Gambar 6.8 Reaksi Akibat Pengangkatan

My ditahan oleh penampang selebar  $a/2 = 130/2 = 65$  cm  
 $P = 1312,68$  kg

$$M_y = \left( \frac{P \times Y_c}{\text{tg}(90 - \beta)} \right) = \left( \frac{1312,68 \times 0,08}{\text{tg}(90 - 90)} \right) = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tot}} = 242,49 + 0 = 242,49 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 65 \times 23,15^2 = 5810,06 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{\text{tot}}}{Z} = \frac{242,49 \times 10^4}{5810,06 \times 10^3} = 0,042 < f_r$$

$$= 4,427 \text{ MPa "OK"}$$

Mx ditahan oleh penampang selebar  $15t = 347,38$  cm atau  $b/2 = 215$  cm (diambil yang terkecil = 215cm)

$$P = 1312,68 \text{ kg}$$

$$M_x = \left( \frac{P \times Y_c}{\text{tg}(90 - \beta)} \right) = \left( \frac{1312,68 \times 0,08}{\text{tg}(90 - 22,23)} \right) = 42,93 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tot}} = 73,037 + 42,927 = 115,965 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 215 \times 23,15^2 = 17.877,099 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{\text{tot}}}{Z} = \frac{115,965 \times 10^4}{17877,09 \times 10^3} = 0,06 < f_r$$

$$= 4,427 \text{ MPa "OK"}$$

## 6.2.2 Tangga Lantai Basement – 1

## Data Perencanaan Tangga

• Tinggi Lantai	: 500 cm
• Tinggi Tanjakan (t)	: 19 cm
• Lebar Injakan (i)	: 23 cm
• Lebar Tangga	: 130 cm
• Tebal Pelat Tangga (tp)	: 15 cm
• Tebal Pelat Bordes	: 15 cm
• Jumlah Injakan (nt)	: 12 buah
• Jumlah Tanjakan (ni)	: 13 buah
• Jumlah Tanjakan ke Bordes	: 13 buah
• Jumlah Tanjakan Bordes ke Lantai 2	: 13 buah
• Elevasi Bordes	: 250 cm
• Lebar Bordes	: 130 cm
• Panjang Bordes	: 140 cm
• Panjang Horizontal pelat tangga	: 276 cm
• Kemiringan Tangga ( $\alpha$ )	: $\text{arc tan } \alpha =$
	$\frac{250}{276} \rightarrow \alpha = 39,81^\circ$

## Cek syarat

- $60 \leq (2t + i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 19 + 23) \leq 65$   
 $60 \leq 61 \leq 65$  (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$   
 $25^\circ \leq 39,81^\circ \leq 45^\circ$  (OK)

## Tebal pelat anak tangga rata-rata

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{i}{2}\right) \sin \alpha \\
 &= \left(\frac{30}{2}\right) \sin 39,81 \\
 &= 7,36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## Tebal pelat rata – rata (tr)

$$\begin{aligned}
 &= \text{tp} + \text{tr} \\
 &= 12 + 7,36
 \end{aligned}$$

= 19,36 cm

Penentuan penulangan struktur pelat tangga dan bordes sebagai berikut :

Pelat Tangga

- Penulangan Longitudinal (SNI 2847 : 2013, Pasal 9.3.2.7)  
**Digunakan tulangan lentur D13 – 150**
- Penulangan Geser (SNI 2847 : 2013, Pasal 11.2.1.2)  
**Vc > Vn (Tidak perlu tulangan geser)**
- Penulangan Susut (SNI 2847 : 2013, Pasal 7.12.2.1)  
**Digunakan tulangan lentur D10 – 250**

Bordes

- Penulangan Longitudinal (SNI 2847 : 2013, Pasal 9.3.2.7)  
**Digunakan tulangan lentur D13 – 200**
- Penulangan Geser (SNI 2847 : 2013, Pasal 11.2.1.2)  
**Vc > Vn (Tidak perlu tulangan geser)**
- Penulangan Susut (SNI 2847 : 2013, Pasal 7.12.2.1)  
**Digunakan tulangan lentur D10 – 300**

### 6.3 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban terbagi rata biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu berada pada balok induk.

#### 6.3.1 Dimensi Awal

Balok Anak	: 300 mm x 500 mm
Mutu Beton ( $f'c$ )	: 40 MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	: 420 MPa
Tulangan Lentur	: D22
Tulangan Sengkang	: D10

#### 6.3.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak merupakan berat sendiri dari balok anak tersebut dan semua berat merata yang terjadi pada pelat termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang

berada diatas pelat. Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban persegi pada lajur yang panjang.

Sebelum Komposit :

$$Ly = 6.5 - \frac{0.4}{2} - \frac{0.4}{2} = 6.1m$$

Beban – beban yang bekerja pada balok anak sebelum komposit :

a. Sebelum Komposit

Beban Mati (DL)

$$Berat Sendiri = 0,3 \times 0,36 \times 2400 = 259,2 \text{ kg/m}$$

$$Berat Pelat = 0,14 \times 3,15 \times 2400 = 1058,4 \text{ kg/m}$$

$$Total = 1317,6 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$q_{hidup} = 3,15 \times 100 = 315 \text{ kg/m}$$

b. Sesudah Komposit

Beban Mati (DL)

$$Berat Sendiri = 0,3 \times 0,5 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$$

$$Berat Pelat = 432 \times 3,15 = 1360,8 \text{ kg/m}$$

$$Total = 1720,8 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$q_{hid} = 3,15 \times 192 = 604,8 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Pembebanan Pelat

Keadaan 1, saat pengangkatan dan sebelum komposit

$$Qu1 = 1,2 \times 1317,6 + 1,6 \times 315 = 2085,12 \text{ kg/m}$$

Keadaan 1, menerima beban kerja dan sesudah komposit

$$Qu2 = 1,2 \times 1720,8 + 1,6 \times 604,8 = 3032,64 \text{ kg/m}$$

### 6.3.3 Perhitungan Momen dan Gaya Geser

Perhitungan momen dan gaya lintang sesuai dengan ikhtisar momen – momen dan gaya melintang dari SNI 2847-2013 pasal 8.3.3

#### Momen dan Geser Sebelum Komposit

Asumsi balok berada di atas dua tumpuan sederhana (sendi-rol)

$$\begin{aligned} Mu_{maks} &= \frac{1}{8} x q x L^2 \\ &= \frac{1}{8} x 2085,12 x 6,1^2 \\ &= 9698,41 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_{maks} &= \frac{1}{2} x q x L \\ &= \frac{1}{2} x 2085,12 x 6,1^2 \\ &= 6359,62 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Akibat Pengangkatan

$$M_x = \frac{w x a^2}{8} = \frac{864 x 0,3^2}{8} = 9,72 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,0107 x w x L^2 = 0,0107 x 259,2 x 6,1^2 = 103,2 \text{ kg.m}$$

#### Momen dan Geser Sesudah Komposit

Asumsi balok berada di atas dua tumpuan jepit

$$\begin{aligned} Mu_{maks \text{ jepit ujung}} &= \frac{1}{12} x q x L^2 \\ &= \frac{1}{12} x 3032,64 x 6,1^2 \\ &= 10677,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu_{maks \text{ jepit tengah}} &= \frac{1}{24} x q x L^2 \\ &= \frac{1}{24} x 3032,64 x 6,1^2 \\ &= 5338,71 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu_{maks} &= \frac{1}{2} \times q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 3032,64 \times 6,1^2 \\
 &= 9249,55 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

### 6.3.4 Perhitungan Tulangan Lentur dan Geser Balok Anak

#### a. Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

Dimensi Balok Anak 300/500

Tebal selimut beton = 40 mm

D tulangan utama = 22 mm

D tulangan sengkang = 10 mm

Mutu beton = 28 MPa

Mutu baja = 410 MPa

D =  $360 - 40 - \frac{22}{2} - 10$   
 = 299 mm

$$\rho_{min} = 0,25 \frac{\sqrt{f'c}}{fy} = 0,25 \frac{\sqrt{28}}{420} = \mathbf{0,0032}$$

Atau

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,0034$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 28} = 17,22$$

Tulangan Lentur Lapangan

Mu = 96984100 Nmm

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{96984100}{0,9 \times 300 \times 299^2} = 2,771$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{butu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{17,22} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,22 \times 2,771}{420}} \right) \\
 &= 0,007 > \rho_{min}
 \end{aligned}$$

$$As \text{ butuh} = \rho \times b \times d = 0,007 \times 300 \times 299 = 646,51 \text{ mm}^2$$

$$AS_{D22} = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{AS_{butuh}}{AS_{D22}} = \frac{646,51}{379,94} = 1,7 \approx 2 \text{ buah}$$

**Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur lapangan 2D22**

Tulangan Negatif Akibat Pengangkatan

$$Mu = 1031997 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1031997}{0,9 \times 300 \times 299^2} = 0,0294$$

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

$$= \frac{1}{17,22} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,22 \times 0,0294}{420}} \right)$$

$$= 0,007 > \rho_{min}$$

$$As \text{ butuh} = \rho \times b \times d = 0,00323 \times 300 \times 299 = 289,41 \text{ mm}^2$$

$$AS_{D10} = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{AS_{butuh}}{AS_{D22}} = \frac{289,41}{379,94} = 0,762 \approx 2 \text{ buah}$$

**Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur lapangan 2D22**

Tulangan Geser

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

$$d = 299 \text{ mm}$$

$$Vu = 63596,2 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{28} \times 300 \times 299$$

$$= 97152 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 97152 = 72864 \text{ N}$$

$$0,5\phi Vc = 0,5 \times 72864 = 36432 \text{ N}$$

$$0,5\phi Vc < Vu < \phi Vc$$

Maka dibutuhkan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan D10 dengan mutu baja BJTP 240 ( $f_y=240$  MPa)

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} = \frac{63596,2}{0,75} = 84794,9N$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 = 2 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157 \times 240 \times 299}{84794,9} = 226,979 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{299}{2} = 149,5 \text{ mm} \text{ atau } 600 \text{ mm (SNI 2847 : 2013 Pasal 11.4.5.1)}$$

$$A_{v_{min}} = 0,062 \sqrt{f'_c} \frac{b_s}{f_y} = 0,062 \sqrt{40} \frac{300 \times 149,5}{240} = 35,88 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan Sengkang Ø10-100 ( $A_v = 157 \text{ mm}^2$ )**

b. Perhitungan Tulangan Sesudah Komposit

Penulangan Lentur Lapangan

Dimensi Balok Anak 300/500

Tebal selimut beton = 40 mm

D tulangan utama = 22 mm

D tulangan sengkang = 10 mm

Mutu beton = 40 MPa

Mutu baja = 410 MPa

$$D = 500 - 40 - \frac{22}{2} - 10 = 439 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = 0,25 \frac{\sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

Atau

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = \mathbf{0,0034}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{410}{0,85 \times 40} = 12,05$$

Tulangan Lentur Lapangan

Mu = 53387100 Nmm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{53387100}{0.9 \times 300 \times 439^2} = 0,79$$

$$\begin{aligned} \rho_{butu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{12,05} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,05 \times 0,79}{420}}\right) \end{aligned}$$

$$= 0,0019 < \rho_{min}$$

$$A_s \text{ butuh} = \rho \times b \times d = 0,0034 \times 300 \times 439 = 440 \text{ mm}^2$$

$$A_{sD22} = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{sbutuh}}{A_{sD22}} = \frac{440}{379,94} = 1,4 \approx 2 \text{ buah}$$

**Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur lapangan 2D22**

Penulangan Lentur Tumpuan

Dimensi Balok Anak 300/500

Tebal selimut beton = 40 mm

D tulangan utama = 22 mm

D tulangan sengkang = 10 mm

Mutu beton = 40 MPa

Mutu baja = 410 MPa

D =  $500 - 40 - \frac{22}{2} - 10$   
= 439 mm

$$\rho_{min} = 0,25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = 0,25 \frac{\sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

Atau

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = \mathbf{0,0034}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{410}{0,85 \times 40} = 12,05$$

Tulangan Lentur Tumpuan

Mu = 106774200 Nmm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{106774200}{0.9 \times 300 \times 439^2} = 1,58$$

$$\begin{aligned} \rho_{butu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,05} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,05 \times 1,58}{420}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,0038 > \rho_{min}$$

$$A_s \text{ butuh} = \rho \times b \times d = 0,0038 \times 300 \times 439 = 509,28 \text{ mm}^2$$

$$A_{sD22} = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{sbutuh}}{A_{sD22}} = \frac{607,85}{379,94} = 1,6 \approx 2 \text{ buah}$$

**Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur tumpuan 2D22**

Tulangan Geser

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

$$d = 439 \text{ mm}$$

$$V_u = 81427,7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 300 \times 439 \\ &= 161276 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 161276 = 120957 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 120957 = 60478,5 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

Maka dibutuhkan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan D10 dengan mutu baja BJTP 240 ( $f_y=240 \text{ MPa}$ )

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{81427,7}{0,75} = 108570 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 = 2 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157 \times 240 \times 439}{108570} = 260,278 \text{ mm}$$

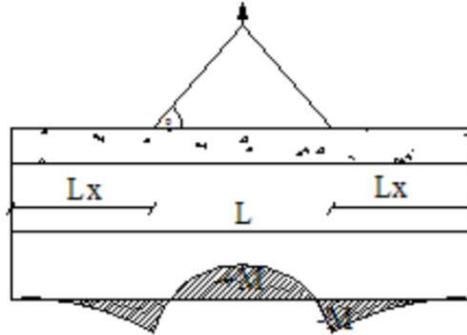
$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{439}{2} = 219,5 \text{ mm} \text{ atau } 600 \text{ mm (SNI 2847 : 2013 Pasal 11.4.5.1)}$$

$$Av_{min} = 0,062\sqrt{f'c} \frac{bs}{fy} = 0,062\sqrt{40} \frac{300 \times 219,5}{240} = 34,02 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan Senggang Ø10-100 ( $Av = 157 \text{ mm}^2$ )

### 6.3.5 Pengangkatan Balok Anak

Balok anak pracetak dibuat di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada saat pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



Gambar 6.9 Momen Saat Pengangkatan Balok Anak  
(Sumber : PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition)

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4x + \frac{4Y}{Lx \tan(\theta)} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Yc}{Lx \tan(\theta)}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4Yc}{Lx \tan(\theta)} \right)} \right)}$$

a. Kondisi sebelum komposit

b = 300 mm

h = 500 - 140 = 360 mm

$$L = 6100 \text{ mm}$$

Perhitungan :

$$Y_t = Y_b = \frac{500 - 140}{2} = 180 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 400 \times 360^3 = 1555200000 \text{ mm}^4$$

$$= 155520 \text{ mm}^4$$

Dikarenakan menggunakan tulangan produk peikko

$$Y_c = Y_t = 180 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 18}{610 \times \tan(45)}}{2(1 + \sqrt{1 + \frac{180}{180}(1 + \frac{4 \times 18}{610 \times \tan(45)})})} = 0,227$$

$$X \times L = 0,227 \times 6100 = 1384,7 = 1400 \text{ mm}$$

$$L - 2XL = 6100 - 2 \times 1400 = 3300 \text{ mm}$$

b. Perhitungan beban saat pengangkatan

$$\text{Balok} = 0,3 \times 0,36 \times 6,1 \times 2400$$

$$= 1581,12 \text{ Kg}$$

$$T \sin(\alpha) = P = \frac{1,4 \times k \times w}{2} = \frac{1,4 \times 1,3 \times 1581,12}{2}$$

$$= 1438,82 \text{ kg}$$

## c. Tulangan angkat balok anak

Tabel 6.4 Brosur Produk Peikko

Table 2: Dimensions Peikko JENKA WAS-Anchor

Article Nr.	Type	Dimensions					Load Capacity [kg]	Fs * [kN]
		RD [mm]	OD [mm]	h [mm]	e [mm]	Øds [mm]		
WAS12x105	12	15,0	105	22	8	500	5	
WAS14x130	14	18,0	130	25	10	800	8	
WAS16x165	16	21,0	165	27	12	1200	12	
WAS18x175	18	24,0	175	34	14	1600	16	
WAS20x195	20	27,0	195	35	14	2000	20	
WAS24x240	24	31,0	240	43	16	2500	25	
WAS30x300	30	40,0	300	56	20	4000	40	
WAS36x380	36	47,0	380	68	25	6300	63	
WAS42x450	42	54,0	450	80	28	8000	80	

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

(Note: A load force for a mass of 1 ton demands a force of approximately 10 kN)

Table 18: Dimensions Peikko JENKA Lifter

Article Nr.	Type R or M	Dimensions					Load Capacity [kg]	Fs * [kN]	Fq * [kN]
		B [mm]	H [mm]	e [mm]	Ød [mm]				
JL12	12	50	150	19	13	500	5	2,5	
JL14	14	50	150	21	13	800	8	4,0	
JL16	16	50	150	24	13	1200	12	6,0	
JL18	18	50	162	27	16	1600	16	8,0	
JL20	20	50	162	29	16	2000	20	10,0	
JL24	24	50	162	35	16	2500	25	12,5	
JL30	30	50	177	43	22	4000	40	20,0	
JL36	36	50	177	52	22	6300	63	31,5	
JL42	42	65	218	60	26	8000	80	40,0	
JL52	52	65	218	73	26	12500	125	62,5	

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

\* Fq= Allowed load force at 90°

(Note: A load force for a mass of 1 ton demands a force of approximately 10 kN)

Digunakan WAS Anchor tipe WS 18 x 175 dan Jenka Lifter tipe JL 18 yang mampu menahan beban sampai dengan 1600 kg

## d. Momen yang terjadi

Beban balok =  $0,3 \times 0,36 \times 2400 = 259,2 \text{ kg/m}$

K (beban kejut) = 1,3

Yc = kedalaman WS 18 x 175 = 175

$$\begin{aligned}
 +M &= \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4x + \frac{4Y}{L \times \tan(\theta)} \right) \\
 &= \frac{259,2 \times 6,1^2}{8} \left( 1 - 4 \times 0,227 + \frac{4 \times 0,175}{6,1 \times \tan(45)} \right) = 249,26 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-M = \frac{WXL^2}{2} = \frac{259,2 \times 1,4^2}{2} = 254,02 \text{ kgm}$$

e. Tegangan yang terjadi

$$Wt = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{300 \times 360^2}{6} = 6480000 \text{ mm}^3$$

$$F = \frac{M}{Wt} = \frac{2540200}{6480000} = 0,39 \text{ MPa} \leq 4,427 \text{ MPa (OK!)}$$

### 6.3.6 Kontrol Lentutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan yang cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013, syarat tebal minimum balok dengan dua tumpuan apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut:

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

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing – masing tipe balok lebih besar dari persyaratan hmin.

Tabel 6.5 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Nama Balok	Lb (cm)	Dimensi		Tulangan Terpasang		Tulangan Senggang	Profil Anchor	Profil Lifter
		b	h	Tumpuan	Lapangan			
BA.1	630	30	50	2D22	2D22	Ø10-100	WS 18 x 175	JL 18
BA.2	550	30	50	2D22	2D22	Ø10-100	WS 18 x 175	JL 18
BA.3	650	30	50	2D22	2D22	Ø10-100	WS 18 x 175	JL 18

### 6.4 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift meliputi balok penumpu dan balok penggantung. Pada bangunan ini digunakan lift yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

Tipe Lift	= Standard Type
Model	= B1350-2560
Kecepatan	= 0,5 m/s
Lebar Pintu (opening width)	= 1200 mm
Dimensi Sangkar (car size):	

- Car wide = 1600 mm
- Car depth = 2507 mm
- Dimensi Ruang Luncur (hoistway size)
- Hoistway width = 2300 mm
- Hoistway depth = 2850 mm
- Beban Reaksi Ruang Mesin
- R1 = 11500 kg
- R2 = 9500 kg

Tabel 6.6 Spesifikasi Lift

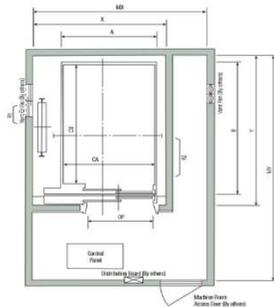
■ Standard Dimensions & Reactions

Type	Model	Clear Opening OP	Car		Hoistway X × Y	M/C Room MX × MY	M/C Room Reaction(kg)	
			Internal CA × CB	External A × B			R1	R2
Standard Type	B1350-2S30, 45	1100	1300 × 2300	1400 × 2507	2100 × 2850	2300 × 3500	10500	8500
	B1350-2S40							
	B1600-2S30, 45	1200	1500 × 2300	1600 × 2507	2300 × 2850	2750 × 4000	11500	9500
	B1600-2S40							
B1750-2S30-60	1200	1600 × 2300	1700 × 2507	2400 × 2850	2850 × 4000			
Double Entrance Type	B1350-2SD30, 45	1100	1300 × 2300	1400 × 2634	2300 × 3000	2300 × 3500	10500	8500
	B1350-2SD40							
	B1600-2SD30, 45	1200	1500 × 2300	1600 × 2634	2500 × 3000	2750 × 4000	11500	9500
	B1600-2SD40							
B1750-2SD30-60	1200	1600 × 2300	1700 × 2634	2600 × 3000	2850 × 4000			

(Unit : mm)

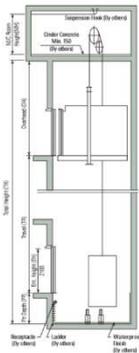
- Notes : 1. When non-standard capacities and dimensions are required, consult Hyundai.  
 2. Above dimension are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X dimension plus 100mm.  
 3. Consult Hyundai in case the code applied.

■ Plan of Hoistway & Machine Room



Note: Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilation fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

■ Section of Hoistway



Gambar 6. 10 Ruang Lift  
 (Sumber : Brosur Hyundai Elevator)

#### 6.4.1 Perencanaan Dimensi Balok Lift

##### a. Balok Penggantung Lift

Panjang balok penumpu = 6300 mm

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times 6300 = 393,75$$

$$h_{pakai} = 500 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

Dirancang dimensi balok 30/50

v : 0,5 m/s

k1 : 0,6

k2 : 1,3

#### 6.4.2 Pembebanan Lift

Koefisien kejut beban hidup keran Pasal 3.3(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri ditambah muatan yang diangkat. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\psi = (1 + k_1 k_2)$$

Dimana :

$\Psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

V = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s

K1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

K2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

$$\psi = (1 + k_1 k_2) = (1 + 0,5 \times 0,6 \times 1,3) = 1,39 \geq 1,15$$

Koef kejut pakai = 1,15

Maka :

$$R1 \text{ kejut} = 11500 \times 1,15 = 13225 \text{ kg}$$

$$R2 \text{ kejut} = 9500 \times 1,15 = 10925 \text{ kg}$$

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,3 \times 0,5 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat} = 0,14 \times 0,3 \times 2400 = 100,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 460,8 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$q \text{ hidup} = 0,3 \times 100 = 30 \text{ kg/m}$$

Beban Berfaktor

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

$$= 1,2 (460,8) + 1,6(30) = 600,96 \text{ kg/m}$$

Gaya dalam balok lift

$$Vu = \left( \frac{1}{2} \times qu \times L \right) + R1$$

$$= \left( \frac{1}{2} \times 600,96 \times 6,3 \right) + 13,225 = 15118,024 \text{ kg}$$

$$= 151180,24 \text{ N}$$

$$Mu = \left( \frac{1}{12} \times qu \times L^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times R1 \times L \right)$$

$$= \left( \frac{1}{12} \times 600,96 \times 6,3^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 13225 \times 6,3 \right)$$

$$= 22817,05 \text{ kgm} = 228170502 \text{ Nmm}$$

Perhitungan Tulangan

$$\text{Dimensi balok anak} = 30/50$$

$$\text{Tebal Selimut Beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 410 \text{ MPa}$$

$$d = h - d' - \emptyset - \frac{1}{2} db$$

$$d = 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2} (22) = 439 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{410} = \mathbf{0,0033}$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{fy} = \frac{0,25\sqrt{40}}{410} = 0,0037$$

$$m = \frac{fy}{0,85f'c} = \frac{410}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Tulangan Lentur

$$Mu = 22817,05 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{228170502}{0,9 \times 300 \times 439^2} = 4,385$$

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

$$= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 4,385}{410}} \right) = 0,011$$

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d = 0,011 \times 300 \times 439 = 1477,36 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{AsD22} = \frac{1477,36}{379,94} = 3,88 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur 4D22

Perhitungan Tulangan Geser

$$Vu = 15118,024 \text{ kg} = 151180,24 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 300 \times 439 = 161276,2 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 161276,2 = 120957,1 \text{ N}$$

$$0,5 \phi Vc = 0,5 \times 120957,1 = 60478,56$$

Maka diperlukan Sengkang

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

$$d = h - d' - \emptyset - \frac{1}{2} db$$

$$d = 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2} (22) = 439 \text{ mm}$$

$$As \emptyset 10 = 78,5 \text{ mm}$$

$$Vs \text{ butuh} = Vu / 0,75 = 201573,7 \text{ N}$$

$$Av = 2 \times As \emptyset 10 = 2 \times 78,5 = 157 \text{ mm}$$

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs_{butuh}} = \frac{157 \times 240 \times 439}{201573,7} = 82,062 \text{ mm}$$

$$S_{max} = d/2 = 439/2 = 219,5 \text{ mm}$$

Direncanakan Sengkang Ø10 – 150

Cek S pakai

$$V = \frac{Av \times d \times fy}{150} = 110276,8 \text{ N}$$

Kontrol Geser

$$(V_c + V)0,75 > V_u$$

$$(161276,2 + 110276,8)0,75 > 151180,24$$

$$203664,7 \text{ N} > 151180,2 \text{ N (OK!)}$$

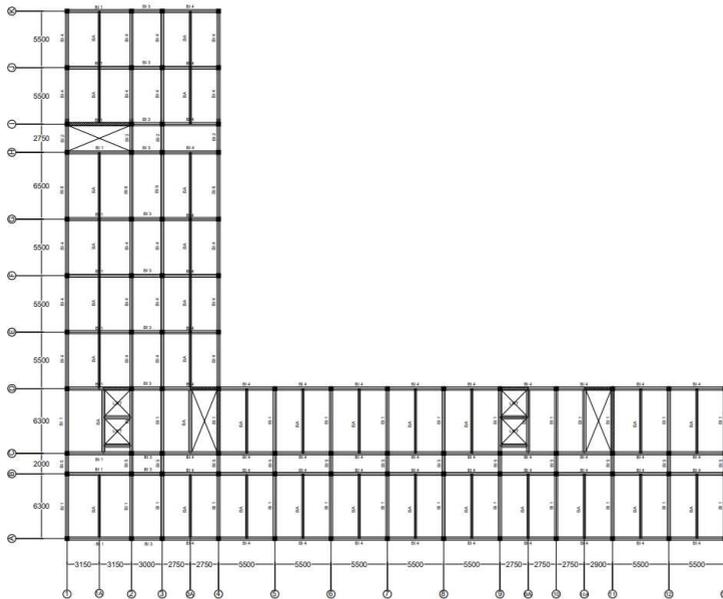
Maka Sengkang Ø10 dengan jarak 150mm dapat digunakan

## BAB 7

### PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

#### 7.1 Umum

Umum Struktur utama atau struktur primer adalah suatu komponen yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur utama menahan semua kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa gempa dan angin. Komponen balok induk, kolom dan dinding struktur geser (shear wall) merupakan komponen struktur primer. Berikut adalah perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan struktur primer tersebut.



Gambar 7.1 Denah Struktur

## 7.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak

Perencanaan balok induk dalam struktur gedung apartemen ini menggunakan 7 dimensi balok yaitu :

Balok Induk 1 (BI.1) Dimensi 40/50 cm (bentang 6,3 m)

Balok Induk 2 (BI.2) Dimensi 25/25 cm (bentang 2,75 m)

Balok Induk 3 (BI.3) Dimensi 25/25 cm (bentang 3 m)

Balok Induk 4 (BI.4) Dimensi 30/45 cm (bentang 5,5 m)

Balok Induk 5 (BI.5) Dimensi 25/25 cm (bentang 2 m)

Balok Induk 6 (BI.6) Dimensi 40/50 cm (bentang 6,5 m)

Akan dilakukan perhitungan sebelum dan sesudah komposit. Dari kedua kondisi tersebut diambil perhitungan penulangan dengan jumlah 110 kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk.

Data Perencanaan

Mutu beton ( $f'c$ )	= 40 MPa
Mutu baja tulangan	= 420 MPa
Dimensi balok induk	= 40/50 cm
Diameter tul. longitudinal	= 25 mm
Diameter tul. sengkang	= 13 mm
Bentang balok induk	= 6,3 m
Bentang efektif	= 5,75 m

Pada kondisi sebelum komposit, balok hanya menerima beban mati dan hidup dari pelat pracetak, balok anak dan berat balok induk itu sendiri.

Beban yang terjadi pada tiap balok induk adalah berat sendiri balok induk, berat titik akibat balok anak dan berat ekuivalen pelat.

Beban balok anak 2 didapat dari perhitungan struktur sekunder balok anak.

Analisa beban yang Dipikul Balok Anak

$$\begin{aligned} P &= 1,2(DL) + 1,6(LL) \\ &= 1,2(1943,52) + 1,6(661,5) \\ &= 3390,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 1,2(DL) + 1,6(LL) \\ &= 1,2(612) + 1,6(210) \\ &= 1070,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Dijadikan beban P =  $1070,4 \text{ kg/m} \times 5,75 \text{ m} = 6154,8 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} P &= 3390,62 + 6154,8 \\ &= 9545,424 \end{aligned}$$

Q sendiri

$$\begin{aligned} \text{Berat balok induk} &= 1,2DL \\ &= 1,2 \times 0,5 \times (0,5-0,14) \times 2400 \\ &= 518,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Q pelat

Beban hidup

$$QL = 100 \times 3,15 = 315 \text{ kg/m}$$

Beban mati

$$QD = 0,14 \times 3,15 \times 2400 = 105,84 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ pelat} &= 1,2(QD) + 1,6(QL) \\ &= 1,2(105,84) + 1,6(315) \\ &= 631,008 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya Dalam

$$\begin{aligned} R_b \times 5,75 &= 9545,424 \times 3,65 + 518,4 \times 2,1 \times (3,65 + 1,05) + \\ &(518,4 + 631,01) \times 3,65 \times 1,825 \\ &= 8280,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V = 0$$

$$\begin{aligned} R_a &= 8280,68 - (518,4 \times 2,1) - 9545,42 - (518,4 + \\ &631,01) \times 3,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6548,73 \text{ kg} \\
 D &= 0 \\
 X &= 6548 / (518,4 + 631,01) \\
 &= 5,69 \text{ m} \\
 \text{Karena terdapat P maka X terdapat tepat dibawah P} \\
 M \text{ di P} &= R_b \times 2,1 + 631,008 \times 2,1 \times 1,05 \\
 &= 18780,79 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### 7.2.1 Penulangan Lentur Balok Induk Sebelum Komposit

Dimensi balok induk 40/36 cm

Bentang balok induk 5,75 m

Direncanakan menggunakan tulangan diameter 25 mm

$$M_u = 18780,79 \text{ kgm}$$

$$\text{Tebal selimut} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= 360 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \times 25 \\
 &= 294,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$B = 400 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,25 \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0,25 \frac{\sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

#### Tulangan Tumpuan

Karena perletakan sebelum komposit dianggap sendi maka momennya adalah nol, namun tetap diberi penulangan tumpuan sebesar setengah dari penulangan lapangan. Digunakan  $\rho_{min}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0038 \times 400 \times 294,5 = 443,47 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s D25} = \frac{443,47}{490,87} = 0,91 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{pasang}} &= \text{Jumlah tulangan} \times \text{As D25} \\
 &= 2 \times 490,87 = 981,75 \text{ mm}^2 > \text{As perlu...OK!}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur lapangan 2D25

Tulangan Lapangan

$$M_{lapangan} = 18780796,86 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{18780796,86}{0,9 \times 400 \times 294,5^2} = 0,601$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{butuh} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(12,35) \times 0,601}{420}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0014 < \rho_{min}=0,0038$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0038 \times 400 \times 294,5 = 443,47 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s \text{ D25}} = \frac{443,47}{490,87} = 0,91 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{pasang}} &= \text{Jumlah tulangan} \times \text{As D25} \\
 &= 2 \times 490,87 = 981,75 \text{ mm}^2 > \text{As perlu...OK!}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur lapangan 2D25

Kontrol regangan tarik

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{981,75 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 30,32$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,32}{0,764} = 39,67$$

$$\varepsilon_t = \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = \left( \frac{294,5}{39,67} - 1 \right) = 0,0192 > 0,005 \dots \text{OK!}$$

### 7.2.2 Penulangan Lentur Balok Induk Setelah Komposit

Data – data yang akan digunakan dalam merencanakan balok induk ini adalah sebagai berikut :

Dimensi balok induk	= 40/50 cm
Bentang balok induk	= 5,75 m
Diameter tul. longitudinal	= 25 mm
Diameter tul. sengkang	= 13 mm
Tebal selimut beton	= 40 mm
d	= 500 - 40 - 13 - $\frac{1}{2}$ x 25
	= 434,5
d'	= 40 + 13 + $\frac{1}{2}$ x 25
	= 65,5
b	= 400 mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40 - 28}{7} = 0,76 \text{ (SNI 2847 : 2013 Pasal 10.2.7.3)}$$

$$\rho_{min} = 0,25 \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0,25 \frac{\sqrt{40}}{420} = 0,0037$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Desain balok induk dilakukan dengan tulangan rangkap, di mana untuk mendesain tulangan lentur diperhitungkan gaya gempa arah bolak-balik (kiri dan kanan) yang akan menghasilkan momen positif dan negatif pada tumpuan. Hasil perencanaan penulangan yang nantinya akan digunakan merupakan kombinasi dari perencanaan bertahap tersebut dengan mengambil jumlah tulangan yang terbesar.

Dari analisa *software* ETABS didapat nilai momen sebagai berikut :

$$M \text{ tumpuan negatif} = -158529546 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M \text{ tumpuan positif} &= 40546477,02 \text{ Nmm} \\ M \text{ lapangan} &= 32420879,31 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

a. Penulangan Tumpuan (balok dianggap persegi)

Tulangan negatif tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$M_u^{(-)} = 158529546 \text{ Nmm}$$

Pakai jumlah tulangan tarik,  $n = 6$  buah ( $A_s = 2946 \text{ mm}^2$ )

Pakai jumlah tulangan tekan,  $n = 4$  buah ( $A_s = 1964 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} d &= 500 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \times 25 \\ &= 434,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= 40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25 \\ &= 65,5 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40 - 28}{7} = 0,76$$

Analisa tulangan rangkap

$$\rho = \frac{A_s}{b w \times d} = \frac{2946}{500 \times 434,5} = 0,0169$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b w \times d} = \frac{1964}{500 \times 434,5} = 0,0113$$

$$\rho - \rho' = 0,0169 - 0,0113 = 0,0056$$

$$\begin{aligned} \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} \\ = \frac{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 65,5}{420 \times 434,5} \times \frac{600}{600 - 420} \end{aligned}$$

$$= 0,0311 \geq \rho - \rho'$$

Maka tulangan tekan belum leleh

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| \leq f_y$$

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{(0,0056) \times 420} \times \frac{65,5}{434,5} \right| \leq 420$$

$$f'_s = 390,69 \leq 420 \text{ MPa (tulangan tekan dalam kondisi tertarik)}$$

Maka diambil  $f'_s = 390,69 \text{ MPa}$  (dalam kondisi tarik)

$$a = \frac{As \times fy - As' \times f'_s}{0,85 \times b \times f'_c} = \frac{2946 \times 420 - 1964 \times 390,69}{0,85 \times 400 \times 40} = 34,55$$

$$\begin{aligned} Mn &= (As \times fy - As' \times f'_s) \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + As' \times f'_s \times (d - d') \\ &= (2946 \times 420 - 1964 \times 390,69) \times \left( 434,5 - \frac{34,55}{2} \right) \\ &\quad + 1964 \times 390,69 \times (434,5 - 65,5) \\ &= 479113834,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 479113834,3$$

$$= 431202450 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$431202450 > 158529546 \text{ Nmm...OK!}$$

Tulangan positif tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$Mu^{(-)} = 40546477,02 \text{ Nmm}$$

Pakai jumlah tulangan tarik,  $n = 6$  buah ( $As = 2946 \text{ mm}^2$ )

Pakai jumlah tulangan tekan,  $n = 4$  buah ( $As = 1964 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} d &= 500 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \times 25 \\ &= 434,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= 40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25 \\ &= 65,5 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40 - 28}{7} = 0,76$$

Analisa tulangan rangkap

$$\rho = \frac{As}{bw \times d} = \frac{2946}{500 \times 434,5} = 0,0169$$

$$\rho' = \frac{As'}{bw \times d} = \frac{1964}{500 \times 434,5} = 0,0113$$

$$\rho - \rho' = 0,0169 - 0,0113 = 0,0056$$

$$\frac{0,85 \times f'c \times \beta_1 \times d'}{fy \times d} \times \frac{600}{600 - fy}$$

$$= \frac{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 65,5}{420 \times 434,5} \times \frac{600}{600 - 420}$$

$$= 0,0311 \geq \rho - \rho'$$

Maka tulangan tekan belum leleh

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{(\rho - \rho') \times fy} \times \frac{d'}{d} \right| \leq fy$$

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{(0,0056) \times 420} \times \frac{65,5}{434,5} \right| \leq 420$$

$$f'_s = 390,69 \leq 420 \text{ MPa (tulangan tekan dalam kondisi tertarik)}$$

Maka diambil  $f'_s = 390,69$  MPa (dalam kondisi tarik)

$$a = \frac{As \times fy - As' \times f'_s}{0,85 \times b \times f'c} = \frac{1964 \times 420 - 2946 \times 390,69}{0,85 \times 400 \times 40}$$

$$= 23,97$$

$$Mn = (As \times fy - As' \times f'_s) \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + As' \times f'_s \times (d - d')$$

$$= (1964 \times 420 - 2946 \times 390,69) \times \left( 434,5 - \frac{34,55}{2} \right)$$

$$+ 2946 \times 390,69 \times (434,5 - 65,5)$$

$$= 286856286,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 286856286,1$$

$$= 258170657,5 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$258170657,5 > 40546477 \text{ Nmm...OK!}$$

b. Penulangan Lapangan (balok dianggap T palsu)

Penulangan lentur lapangan didasarkan pada nilai momen yang terjadi di daerah lapangan. Besar momen lapangan yang terjadi di bagian balok melintang interior ialah sebesar  $M_u = 32420879,31 \text{ Nmm}$  (analisa ETABS).

Sebelum dilakukan analisis desain perencanaan untuk tulangan lapangan perlu dilakukan cek apakah balok pada daerah lapangan tergolong balok T atau bukan dengan perumusan sebagai berikut:

$$be_1 = \frac{1}{4} \times Lb = \frac{1}{4} \times 575 = 143,75 \text{ mm}$$

$$be_2 = bw + 16t = 40 + (16 \times 14) = 264 \text{ mm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} (Lb - bw) = \frac{1}{2} (575 - 40) = 267,5 \text{ mm}$$

$$b = be = 143,75 \text{ mm}$$

Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$M_u^{(-)} = 32420879,31 \text{ Nmm}$$

Pakai jumlah tulangan tarik,  $n = 5$  buah ( $A_s = 2455 \text{ mm}^2$ )

Pakai jumlah tulangan tekan,  $n = 3$  buah ( $A_s = 1473 \text{ mm}^2$ )

$$d = 500 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \times 25 = 434,5$$

$$d' = 40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25 = 65,5$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40 - 28}{7} = 0,76$$

Analisa tulangan rangkap

$$\rho = \frac{A_s}{bw \times d} = \frac{2455}{500 \times 434,5} = 0,0141$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{bw \times d} = \frac{1473}{500 \times 434,5} = 0,0084$$

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &= 0,0169 - 0,0113 = 0,0056 \\ \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1 \times d'}{fy \times d} \times \frac{600}{600 - fy} \\ &= \frac{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 65,5}{420 \times 434,5} \times \frac{600}{600 - 420} \\ &= 0,0311 \geq \rho - \rho' \end{aligned}$$

Maka tulangan tekan belum leleh

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{(\rho - \rho') \times fy} \times \frac{d'}{d} \right| \leq fy$$

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{(0,0056) \times 420} \times \frac{65,5}{434,5} \right| \leq 420$$

$$f'_s = 390,69 \leq 420 \text{ MPa (tulangan tekan dalam kondisi tertarik)}$$

Maka diambil  $f'_s = 390,69$  MPa (dalam kondisi tarik)

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times fy - As' \times f'_s}{0,85 \times b \times f'c} = \frac{2946 \times 420 - 1964 \times 390,69}{0,85 \times 400 \times 40} \\ &= 34,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= (As \times fy - As' \times f'_s) \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + As' \times f'_s \times (d - d') \\ &= (2455 \times 420 - 1473 \times 390,69) \times \left( 434,5 - \frac{34,55}{2} \right) \\ &\quad + 1473 \times 390,69 \times (434,5 - 65,5) \\ &= 408830898,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= 0,9 \times 408830898,5 \\ &= 367947808,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$367947808,7 > 32420879 \text{ Nmm...OK!}$$

Cek balok T palsu

$$\begin{aligned} T &= As \times fy \\ &= 2455 \times 420 \\ &= 1030835,09 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \times f'c \times be \times hf \\ &= 0,85 \times 40 \times 1437,5 \times 140 \\ &= 6842500 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena  $C > T$ , maka balok dianggap sebagai balok T palsu, berperilaku seperti balok persegi dengan lebar  $b_e$ ,

$$a = \frac{A_{sada} \times f_y}{0,85 \times b_w \times f'_c} = \frac{2455 \times 420}{0,85 \times 400 \times 40} = 75,79 \text{ mm} < t$$

$$= 140 \text{ mm}$$

$$\rho_{aktual} = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{2455}{400 \times 434,5} = 0,014 > \rho_{min} = 0,0084$$

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

$$= \phi \times 2455 \times 420 \times \left( 434,5 - \frac{75,79}{2} \right)$$

$$= 367947808,7 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$367947808,7 > 32420879 \text{ Nmm...OK!}$$

Hasil dari penulangan setelah komposit adalah sebagai berikut :

Tulangan Tumpuan

$$\text{Tulangan atas} = 6D25 \text{ (} A_s = 2946 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Tulangan bawah} = 4D25 \text{ (} A_s = 1964 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Tulangan Lapangan

$$\text{Tulangan atas} = 5D25 \text{ (} A_s = 2455 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3D25 \text{ (} A_s = 1473 \text{ mm}^2 \text{)}$$

### 7.2.3 Penulangan Geser dan Torsi

$$M_{pr} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

Tabel 7.1 Nilai  $M_{pr}$  Balok Induk

Lokasi		Tul. Pasang	$A_s(\text{mm}^2)$	$a(\text{mm})$	$M_{pr}(\text{Nmm})$	
Tumpuan	Kiri	Atas	6	2945,2431	113,69505	583946137
		Bawah	4	1963,4954	75,796698	408830899
	Kanan	Atas	6	2945,2431	113,69505	583946137
		Bawah	4	1963,4954	75,796698	408830899

$$M_{pr1} = 583946137 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr2} = 408830899 \text{ Nmm}$$

$$L_n = 5,75 \text{ m}$$

Perhitungan beban pada balok induk

Didapat dari pembebanan diatas. Maka beban pada balok induk :

$$P_u \text{ total} = 9545,42 \text{ kg}$$

$$q_u = 833,4 \text{ kg/m}$$

$$V_u = \frac{M_{pr_1} + M_{pr_2}}{L_n} \pm \frac{W_u \times L_n + P_u}{2}$$

$$= \frac{583946137 + 408830899}{5,75} \pm \frac{833,4 \times 5,75 + 9545,42}{2}$$

$$V_u = 179825,62$$

$$V_u = 165488,14$$

Pemasangan sengkang daerah sendi plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$ , apabila:

$$1. \frac{M_{pr} \geq 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}}{5750} \geq 0,5 \times 179825,62$$

$$172656,88 \geq 89912,81$$

$$2. \text{Gaya Aksial Tekan} < 0,25 \times A_g \times f'_c$$

$$182,2 \text{ kN} < 1400 \text{ kN}$$

Karena gaya aksial terlalu kecil maka persyaratan memenuhi :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{179825,62}{0,75} = 239767,48 \text{ N}$$

Jika dipakai begel 2 kaki dengan D13 ( $A_v = 265,465 \text{ mm}^2$ )

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,4 \times 420 \times 434,5}{239767,48} = 202,04 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada

kedua ujung balok dengan panjang  $2h = 2 \times 500 = 1000$  mm dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1.  $d/4 = 434,5/4 = 108,62$  mm
2.  $6 \times D$  tul. Longitudinal  $= 6 \times 25 = 150$  mm
3. 150 mm

Maka dengan persyaratan diatas, diambil sengkang di daerah sendi plastis D13-100mm.

Pemasangan sengkang di luar sendi plastis

Nilai geser maksimum  $V_u$  di luar sendi plastis sebagai berikut :

$$V_u' = 179825,62 - 833,4 \times (0,75 \times 2) = 17899,21 \text{ N}$$

Maka,

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 400 \times 434,5$$

$$= 183201,29 \text{ N}$$

$$0,5\Phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 183201,29$$

$$= 68700,48 \text{ N} < V_u' = 17899,21 \text{ N}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u'}{\phi} - V_c = \frac{17899,21}{0,75} - 183201,29 = 55454,99 \text{ N}$$

Jika dipakai begel 2 kaki dengan D13 ( $A_v = 265,465 \text{ mm}^2$ )

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,4 \times 420 \times 434,5}{55454,99} = 873,58 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 bahwa jarak sengkang diluar sendi plastis di sepanjang balok tidak lebih dari:

$$s \leq d/2$$

$$434,5/2 = 217,25 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis D13-200 mm

Perhitungan Penulangan Torsi

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Balok Induk} &= 400/500 \\
 Tu &= 12103235 \text{ Nmm} \\
 Acp &= 400 \times 500 \\
 &= 200000 \text{ mm}^2 \\
 Pcp &= 2(400 + 500) \\
 &= 1800 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada kasus ini balok induk termasuk torsi kompatibilitas di mana dapat terjadi redistribusi puntir sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1 (a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut:

$$Tu < \phi \times 0,083\sqrt{30} \left( \frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$12103235 < 0,75 \times 0,083\sqrt{30} \left( \frac{200000^2}{1800} \right)$$

$$12103235 \text{ N} > 7576829 \text{ N}$$

Dengan demikian tulangan torsi dibutuhkan

Dimensi penampang harus sebagai berikut :

$$\sqrt{\left( \frac{Vu}{bw \times d} \right)^2 + \left( \frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{Vc}{bw \times d} + 0,66\sqrt{f'c} \right)$$

$$\begin{aligned}
 Ph &= 2 \times (500 - 2 \times (40 + 13)) + 400 - 2 \times (40 + 13) \\
 &= 1376 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Aoh &= (500 - 2 \times (40 + 13)) \times (400 - 2 \times (40 + 13)) \\
 &= 115836 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\left( \frac{179825,62}{400 \times 434,5} \right)^2 + \left( \frac{12103235 \times 1376}{1,7 \times 115836^2} \right)^2} \\
 &\leq 0,75 \left( \frac{183201,29}{400 \times 434,5} + 0,66\sqrt{40} \right)
 \end{aligned}$$

$$1,26 \leq 3,92 \dots \text{OK!}$$

Desain penampang harus berdasarkan pada

$$\begin{aligned} \phi T_n &\geq T_u \\ T_n &= \frac{2 A_o x A_t x f_{yt}}{s} x \cot \theta \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 x A_{oh} \\ &= 0,85 x 115836 \\ &= 98460,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (struktur non prategang)}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{\frac{T_u}{\phi}}{2 x A_o x f_{yt} x \cot(45)} = \frac{\frac{12103235}{0,75}}{2 x 98460,6 x 420 x 1} \\ &= 0,195 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} \text{ pakai} = 0,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} \text{ min} &= 0,175 x \frac{bw}{f_{yt}} = 0,175 x \frac{400}{420} \\ &= 0,1667 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas Minimum Tulangan Torsi

$$A_v + 2A_t = 0,062 x \sqrt{f'c} x bw x \frac{s}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s} = 0,062 x \sqrt{f'c} x \frac{bw}{f_{yt}}$$

Di sendi plastis

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y x d} = \frac{239767,78}{420 x 434,5} = 1,314 \text{ mm}$$

$$\left( \frac{A_v}{s} + 2 x \frac{A_t}{s} \right) = 1,805 \text{ mm}$$

Di luar sendi plastis

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \times d} = \frac{55454,99}{420 \times 434,5} = 1,004 \text{ mm}$$

$$\left(\frac{Av}{s} + 2 \times \frac{At}{s}\right) = 1,379 \text{ mm}$$

#### Tulangan Longitudinal Torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 luas tulangan torsi longitudinal dihitung dengan:

$$Al = \left(\frac{At}{s}\right) \times Ph \times \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cot^2(\theta)$$

$$= 0,4 \times 1376 \times \left(\frac{420}{420}\right) \times 1$$

$$= 275,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{D25} = 490,87 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{275,2}{490,87} = 0,56 \approx 3 \text{ buah (Jika 2 tidak ok)}$$

Dipasang 2D25 ( $Al = 1473 \text{ mm}^2$ ). Kontrol luas tulangan longitudinal total minimum menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3:

$$Al_{min} \geq \frac{0,42\sqrt{f'c} \times Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) Ph \times \frac{fyt}{fy}$$

$$1473 \geq \frac{0,42\sqrt{40} \times 200000}{420} - 0,2 \times 1376 \times \frac{420}{420}$$

$$1473 \geq 989,711 \dots \text{OK!}$$

Maka dipakai tulangan torsi longitudinal 3D25

#### 7.2.4 Kontrol Lentutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013 tabel 9.5(a), syarat tebal minimum balok apabila lenturan tidak dihitung adalah sebagai berikut:

Balok dengan dua tumpuan

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times Lb$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak *preliminary design* telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan  $h_{min}$

### 7.2.5 Kontrol Retak

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

$$\phi Mn > M_{cr}$$

Dimana  $M_{cr}$  harus diperoleh menggunakan modulus hancur  $f_r$  yang diberikan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2

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

dan

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

Dimana :

$M_{cr}$  = momen retak

$f_r$  = modulus hancur beton

$I_g$  = momen inersia penampang beton

$y_t$  = jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke muka Tarik

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

$$f_r = 0,62 \times 1 \times \sqrt{40} \\ = 3,921 \text{ MPa}$$

$$I_g = \left(\frac{1}{12}\right) \times 400 \times 500^3 = 4166666667 \text{ mm}^4$$

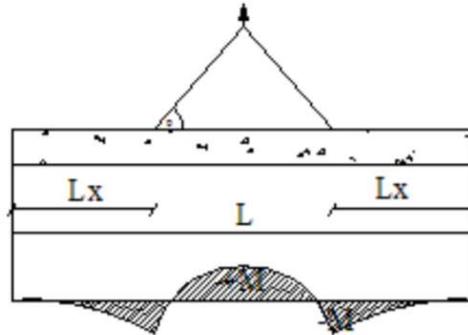
$$M_{cr} = \frac{3,921 \times 4166666667}{250} = 65353738,31 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 367947808,7 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn \geq M_{cr} \dots \text{OK!}$$

### 7.2.6 Pengangkatan Balok Induk

Balok induk pracetak dibuat di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada saat pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



Gambar 7.2 Momen Saat Pengangkatan Balok Induk  
(Sumber : PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition)

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4x + \frac{4Y}{Lx \tan(\theta)} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Yc}{Lx \tan(\theta)}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4Yc}{Lx \tan(\theta)} \right)} \right)}$$

a. Kondisi sebelum komposit

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 500 - 140 = 360 \text{ mm}$$

$$L = 5750 \text{ mm}$$

Perhitungan :

$$Yt = Yb = \frac{500 - 140}{2} = 180 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 400 \times 360^3 = 1555200000 \text{ mm}^4$$

$$= 155520 \text{ mm}^4$$

Dikarenakan menggunakan tulangan produk peikko

$$Y_c = Y_t = 180 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 18}{575 \times \tan(45)}}{2(1 + \sqrt{1 + \frac{180}{180} (1 + \frac{4 \times 18}{575 \times \tan(45)})})} = 0,229$$

$$X \times L = 0,229 \times 5750 = 1316,21 = 1400 \text{ mm}$$

$$L - 2XL = 5750 - 2 \times 1400 = 2950 \text{ mm}$$

b. Perhitungan beban saat pengangkatan

$$\text{Balok} = 0,4 \times 0,36 \times 5,75 \times 2400$$

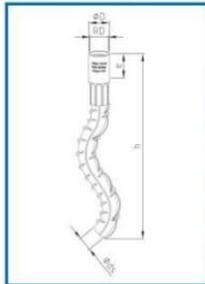
$$= 2484 \text{ kg}$$

$$T \sin(\alpha) = P = \frac{1,4 \times k \times w}{2} = \frac{1,4 \times 1,3 \times 2484}{2} = 2260,44 \text{ kg}$$

## c. Tulangan angkat balok induk

Tabel 7.2 Brosur Produr Peikko

Table 2: Dimensions Peikko JENKA WAS-Anchor

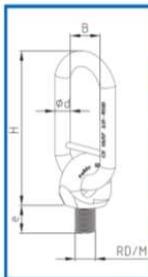


Article Nr.	Type	Dimensions				Load Capacity	Fs *
		RD	ØD [mm]	h [mm]	e [mm]		
WAS12x105	12	15,0	105	22	8	500	5
WAS14x130	14	18,0	130	25	10	800	8
WAS16x165	16	21,0	165	27	12	1200	12
WAS18x175	18	24,0	175	34	14	1600	16
WAS20x195	20	27,0	195	35	14	2000	20
WAS24x240	24	31,0	240	43	16	2500	25
WAS30x300	30	40,0	300	56	20	4000	40
WAS36x380	36	47,0	380	68	25	6300	63
WAS42x450	42	54,0	450	80	28	8000	80

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

(Note: A load force for a mass of 1 ton demands a force of approximately 10 kN)

Table 18: Dimensions Peikko JENKA Lifter



Article Nr.	Type	Dimensions				Load Capacity	Fs *	Fq *
		R or M	B [mm]	H [mm]	e [mm]			
JL12	12	50	150	19	13	500	5	2,5
JL14	14	50	150	21	13	800	8	4,0
JL16	16	50	150	24	13	1200	12	6,0
JL18	18	50	162	27	16	1600	16	8,0
JL20	20	50	162	29	16	2000	20	10,0
JL24	24	50	162	35	16	2500	25	12,5
JL30	30	50	177	43	22	4000	40	20,0
JL36	36	50	177	52	22	6300	63	31,5
JL42	42	65	218	60	26	8000	80	40,0
JL52	52	65	218	73	26	12500	125	62,5

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

\* Fq= Allowed load force at 90°

(Note: A load force for a mass of 1 ton demands a force of approximately 10 kN)

Digunakan WAS Anchor tipe WS 24 x 240 dan Jenka Lifter tipe JL 24 yang mampu menahan beban sampai dengan 2500 kg

## d. Momen yang terjadi

Beban balok =  $0,4 \times 0,36 \times 2400 = 432 \text{ kg/m}$

K (beban kejut) = 1,3

Yc = kedalaman WS 24 x 240 = 240 mm

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan(\theta)} \right)$$

$$= \frac{432 \times 5,75^2}{8} \left( 1 - 4 \times 0,229 + \frac{4 \times 0,24}{5,75 \times \tan(45)} \right) = 448,72 \text{ kgm}$$

$$-M = \frac{WXL^2}{2} = \frac{432 \times 1,4^2}{2} = 374,2 \text{ kgm}$$

e. Tegangan yang terjadi

$$Wt = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{400 \times 360^2}{6} = 8640000 \text{ mm}^3$$

$$F = \frac{M}{Wt} = \frac{448720}{8640000} = 0,519 \text{ MPa} \leq 4,427 \text{ MPa (OK!)}$$

Tabel 7.3 Rekapitulasi Balok Induk

	Satuan	Balok Induk		
		Bl.1	Bl.2	Bl.3
Dimensi	cm	40 50	25 25	25 25
Bentang	m	6,3	2,75	3
Mutu Beton	Mpa	40	40	40
Mutu Baja	MPa	420	420	420
p pakai		0,003764616	0,003764616	0,003764616
m		12,35294118	12,35294118	12,35294118
Tul. Longitudinal	mm	25	19	19
Tul. Sengkang	mm	13	10	10
Tulangan Lentur Sebelum Komposit				
Sebelum Overtopping				
Mu	Nmm	17048524,81	1760031	2298816
p perlu		0,003764616	0,007666056	0,010178619
Tulangan		2 D 25	2 D 19	2 D 19
Tulangan Lentur Setelah Komposit				
M tumpuan(-)=	Nmm	-189299536,8	-11391411,3	-14485723,03
M tumpuan(+)=	Nmm	95888511,86	7806715	8632788,47
M lapangan=	Nmm	95666448	3016323	5211549,99
Analisa Tulangan Rangkap Tumpuan				
Tulangan Atas		4 D 25	4 D 19	4 D 19
Tulangan Bawah		2 D 25	2 D 19	2 D 19
Momen Negatif				
φMn	Nmm	293437413,6	66615885,72	66615885,72
Momen Positif				
φMn	Nmm	120186451,4	19958941,89	19958941,89
Analisa Tulangan Rangkap Tumpuan				
Tulangan Atas		3 D 25	2 D 19	2 D 19
Tulangan Bawah		5 D 25	3 D 19	3 D 19
φMn	Nmm	362326781,3	48781843,55	48781843,55
Tulangan Geser				
Daerah Sendi Plastis				
Vu	N	124290,0206	85298,16445	75518,98952
Vs	N	165720,0275	113730,8859	100691,986
Tulangan Sengkang		13	10	10
Sbuhuh	mm	108,625	47,625	47,625
Spakai	mm	100	0	0
Diluar Sendi Plastis				
Vu'	N	123456,6206	84881,46445	75102,28952
Tulangan Sengkang		13	10	10
Av	mm2	265,4645792	157,0796327	157,0796327
Spakai	mm	200	75	0
Penulangan Torsi				
Tu		12103235	4533474,11	1628686
At/s		0,2		
Al	mm2	1472,621556	0,4	0,2
Almin	mm2	989,7110641	850,586211	850,586211
Tulangan Torsi		3D25	155,2847075	275,2847075
Kontrol Retak				
Mcr	Nmm	65353738,31	10211521,61	10211521,61
φMn	Nmm	367947808,7	54493252,57	54493252,57
Pengangkatan Balok				
X	mm	0,230727216	0,228991476	0,226291952
XL	mm	1300	500	500
L-2XL	mm	2700	750	1000
T	Kg	2289,6	231	264
fyt	MPa	420	420	420
		Digunakan WAS 24 x 240	Digunakan WAS 12 x 105	Digunakan WAS 12 x 105
		Digunakan JL 24	Digunakan JL 12	Digunakan JL 12
Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan				
M(+)	kNmm	391,6884608	31,966348	37,93892459
M(-)	kNmm	323,0004608	10,598848	13,51892459
f	MPa	0,453343126	0,634043266	0,752507595
fr	MPa	4,427188724	4,427188724	4,427188724

Tabel 7.4 Rekapitulasi Balok Induk

	Satuan	Balok Induk		
		Bl.4	Bl.5	Bl.6
Dimensi	cm	30 45	25 25	40 50
Bentang	m	5,5	2	6,5
Mutu Beton	Mpa	40	40	40
Mutu Baja	MPa	420	420	420
p pakai		0,003764616	0,003764616	0,003764616
m		12,35294118	12,35294118	12,35294118
Tul. Longitudinal	mm	25	19	25
Tul. Sengkang	mm	13	10	13
Tulangan Lentur Sebelum Komposit				
Sebelum Overtopping				
Mu	Nmm	13881202,27	574704	17384796
p perlu		0,003764616	0,003764616	0,003764616
Tulangan		2 D 25	2 D 19	2 D 25
Tulangan Lentur Setelah Komposit				
M tumpuan(-)=	Nmm	-134283165,6	-41351624,16	-143255122,7
M tumpuan(+)=	Nmm	76359661,55	23752013,93	56677281,67
M lapangan=-	Nmm	76533430,04	10611548	6562474,57
Analisa Tulangan Rangkap Tumpuan				
Tulangan Atas		4 D 25	4 D 19	4 D 25
Tulangan Bawah		2 D 25	2 D 19	2 D 25
Momen Negatif				
φMn	Nmm	256442928,9	66615885,72	293437413,6
Momen Positif				
φMn	Nmm	126897263,1	19958941,89	120186451,4
Analisa Tulangan Rangkap Tumpuan				
Tulangan Atas		3 D 25	2 D 19	3 D 25
Tulangan Bawah		5 D 25	3 D 19	5 D 25
φMn	Nmm	314624046	48781843,55	362326781,3
Tulangan Geser				
Daerah Sendi Plastik				
Vu	N	123628,3194	145643,719	126294,3163
Vs	N	164837,7591	194191,6254	168392,4218
Tulangan Sengkang		13	10	13
Sbutuh	mm	96,125	47,625	108,625
Spakai	mm	50	0	100
Diluar Sendi Plastik				
Vu'	N	122878,2594	145227,019	125460,9163
Tulangan Sengkang		13	10	13
Av	mm2	265,4645792	157,0796327	265,4645792
Spakai	mm	100	0	200
Penulangan Torsi				
Tu		5631795	3378298,54	31773356,56
At/s		0,2		
Al	mm2	1472,621556	0,3	0,6
Almin	mm2	638,6149682	850,586211	1472,621556
Tulangan Torsi		0	215,2847075	439,3110641
Kontrol Retak				
Mcr	Nmm	39702396,02	10211521,61	65353738,31
φMn	Nmm	309840145,3	54493252,57	367947808,7
Pengangkatan Balok				
X	mm	0,231057073	0,244983221	0,229881684
XL	mm	1100	300	1300
L-2XL	mm	2300	400	2900
T	Kg	1674	132	2376
fyt	MPa	420	420	420
		Digunakan WAS 20 x 195	Digunakan WAS 12 x 105	Digunakan WAS 24 x 240
		Digunakan JL 20	Digunakan JL 12	Digunakan JL 24
Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan				
M(+)	kNmm	272,2285334	16,1711074	416,5730763
M(-)	kNmm	201,0835334	3,961107395	345,2930763
f	MPa	0,566552619	0,320749238	0,482144764
fr	MPa	4,427188724	4,427188724	4,427188724

### 7.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 4 tipe kolom dengan data sebagai berikut :

#### Dimensi Kolom

Lt. Basement	= 100/100 cm
Lt. 1 – 5	= 90/90 cm
Lt. 6 – 10	= 80/80 cm
Lt. 10 – 14	= 70/70 cm
Tebal decking (d')	= 40 mm
Mutu tulangan ( $f_y$ )	= 420 MPa
Mutu beton ( $f'_c$ )	= 40 MPa

#### 7.3.1 Kontrol Dimensi Kolom

Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila:

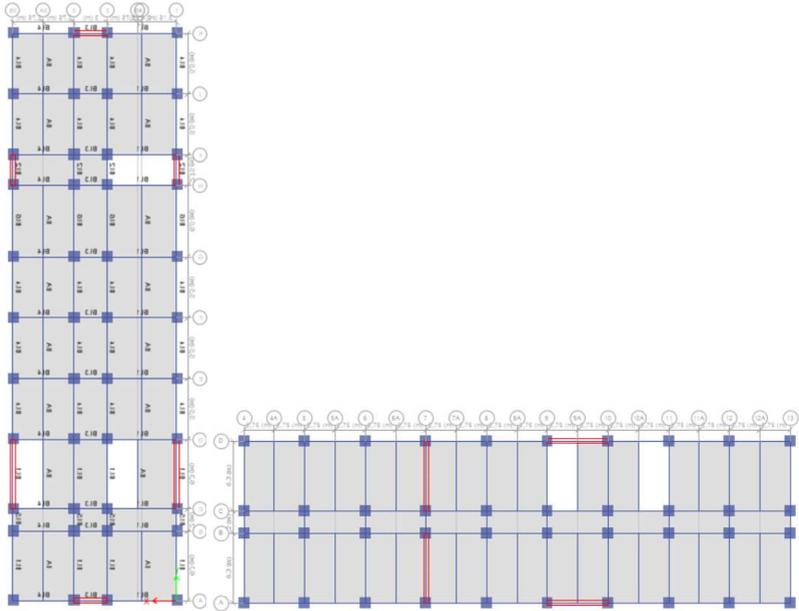
- Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial
- Menerima beban aksial berfaktor lebih besar dari  $A_g \cdot f'_c / 10 = 900 \times 900 \times 40 / 10 = 3240000 \text{ N} = 3240 \text{ kN}$  karena 3240 kN ini lebih kecil dari beban aksial berfaktor maksimum dari ETABS (5159,35 kN) maka pasal tersebut di atas berlaku :
- Dimensi penampang terpendek  $900 \text{ mm} > 300 \text{ m}$  (Ok)
- Rasio  $b/h = 900/900 = 1 > 0,4$  (Ok)

#### 7.3.2 Perencanaan Kolom

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 90/90, yaitu :

$$P_u \text{ max} = 5634,88 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 59,36 \text{ kN} \\ T_u \text{ max} &= 19,56 \text{ kN.m} \\ M_u \text{ max} &= 297,17 \text{ kN.m} \end{aligned}$$



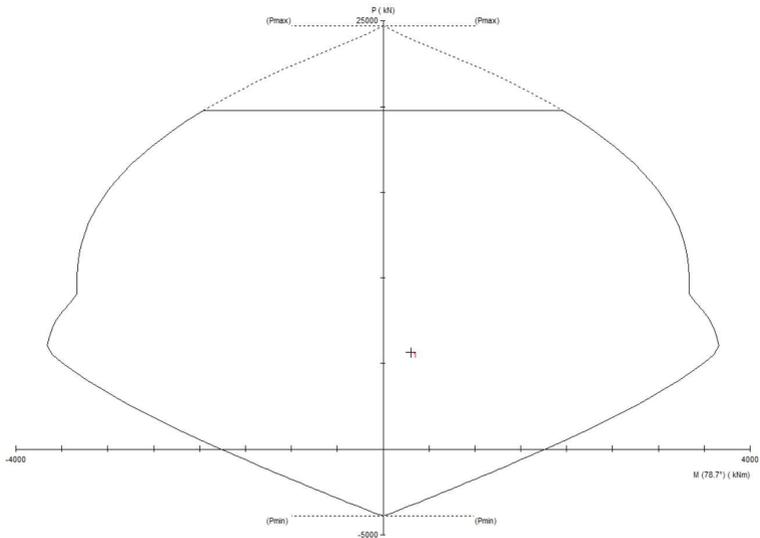
Gambar 7.3 Denah Kolom

### 7.3.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCA COL, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai

berikut

:



Gambar 7.4 Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom

$\phi M_n = 3548,41 > M_u = 297,17 \text{ kN.m} \dots \text{OK!}$

#### 7.3.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Pada Kolom

Menurut SNI 2847 : 2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0.01 A_g$  atau lebih dari  $0.06 A_g$ .

$$A_s = 10320 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 1000000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program PCA COL diperoleh Tulangan Longitudinal 16 D29 dengan rasio tulangan = 1,03% (OK)

#### 7.3.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0.8 \times \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st})) \\ &= 0.8 \times 0.65 (0.85 \times 40 (1000000 - 10320) + 420 (10320))\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\phi P_n = 19751,43 > P_u = 5634,88$$

#### 7.3.6 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa.

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \times \Sigma M_{nb}$$

Dimana  $\Sigma M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\Sigma M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $\Sigma M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat strong column weak beam.

Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. Dari *SpColumn* didapatkan nilai  $\phi M_{nc} = 3548,41$  kN.m

$$M_{nc} = \frac{\phi M_{nc}}{\phi} = \frac{3548,41}{0,65} = 5459,09 \text{ Kn.M}$$

$$M_{nb(+)} = 40,55 \text{ kN}$$

$$M_{nb(-)} = 158,53 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \times \Sigma M_{nb}$$

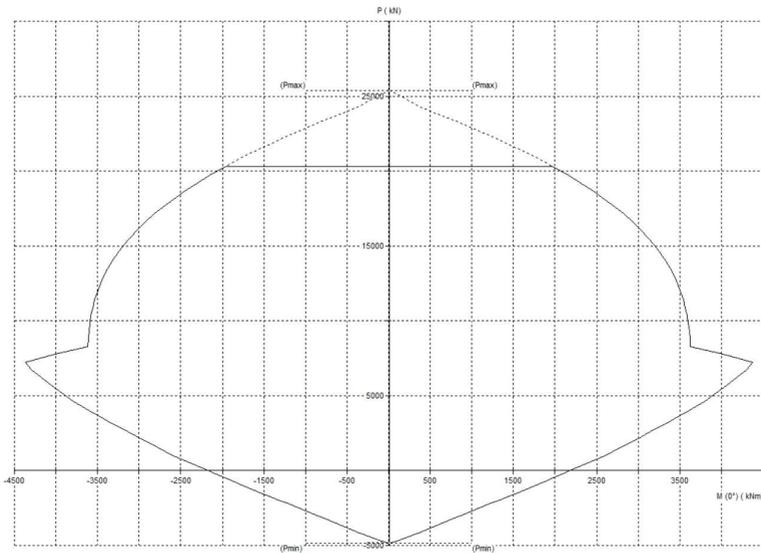
$$2 \times 4180,65 \geq 1,2 \times (158,53 + 40,55)$$

$$9161,30 \geq 238,89 \text{ kN}$$

#### 7.3.7 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana,  $V_e$ , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ MPa}$$



Gambar 7.5 Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada Kolom saat 1,25 fy

$$L_n = 4 \text{ m}$$

$$M_{prx} = 4398,62 \text{ MPa}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 4398,62}{4}$$

$$V_{ex} = 2199,31 \text{ kN} > V_u = 59,36 \text{ kN} \dots \text{OK!}$$

### 7.3.8 Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.1 panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari ketentuan :

$$l_o \geq h = 1000 \text{ mm}$$

$$l_o \geq \frac{1}{6} \times \text{tinggi bersih kolom} = \frac{1}{6} \times 5000 = 833,33 \text{ mm}$$

$$l_o \geq 450 \text{ mm}$$

Dimana  $s$  tidak boleh lebih besar dari (pasal 21.6.4.3) :

$$1/4 \text{ dimensi terkecil kolom} = 1/4 \times 100 = 250 \text{ mm}$$

$$6 \times db = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right) = 100 + \left( \frac{350 - 281,33}{3} \right) = 122,89 \text{ mm}$$

Dimana  $S_o$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm. Maka dipakai jarak sengkang ( $s$ ) = 100 mm

Ash min sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$Ash = \frac{0,3s \times bc \times f'c}{fyt} \left( \left( \frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right)$$

Dan

$$As = 0,09 \frac{s \times bc \times f'c}{fyt}$$

Keterangan :

$S$  = jarak spasi tulangan transversal (mm)

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

$Ag$  = luasan penampang kolom (mm)

$Ach$  = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

$Fyt$  = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

Dengan asumsi bahwa  $s = 100$  mm,  $Fyt = 390$  MPa, selimut beton = 40 mm dan  $D = 16$  mm. sehingga diperoleh :

$$Ash = \frac{0,3 \times 100 \times 804 \times 40}{420} \left( \left( \frac{1000000}{817216} \right) - 1 \right) = 577,69$$

$$Ash = 0,09 \frac{100 \times 904 \times 40}{420} = 774,86$$

Sehingga dipakai 4 D16 – 100 mm ( $A_v = 802,5 \text{ mm}^2$ )

$$Vc = 0,17 \left( 1 + \frac{Nu}{14 \times Ag} \right) \sqrt{40} \times b \times d$$

$$= 0,17 \left( 1 + \frac{5634880}{14 \times 1000000} \right) \sqrt{40} \times 1000 \times 1000$$

$$= 1507,93 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{802,5 \times 420 \times 1000}{100} = 3370,5 \text{ kN}$$

$$\phi(V_s + V_c) = 0,75(1507,93 + 3370,5)$$

$$\phi(V_s + V_c) = 3658,82 \geq V_u = 59,36 \text{ kN... (OK!)}$$

Maka tulangan geser di sepanjang  $L_o = 900$  mm cukup untuk menahan gaya geser. Di luar panjang  $L_o$  sengkang harus dipasang dengan  $s$  lebih kecil dari  $6D = 96$  mm atau  $150$  mm, maka di luar  $L_o$  sengkang dipasang  $4D16-150$  mm

### 7.3.5 Kontrol Kebutuhan Torsi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$T_n = \phi 0,33 \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 A_{cp} \sqrt{f'_c}}}$$

$$T_n$$

$$= 0,65 \times 0,33 \sqrt{40} \left( \frac{1000000^2}{3600} \right) \sqrt{1 + \frac{5634880}{0,33 \times 1000000 \times \sqrt{40}}}$$

$$T_n = 652,63 \text{ kN.m}$$

$$T_n = 652,36 > T_u = 19,56 \text{ kN.m}$$

Maka tulangan torsi diabaikan

### 7.4 Perencanaan Dinding Geser

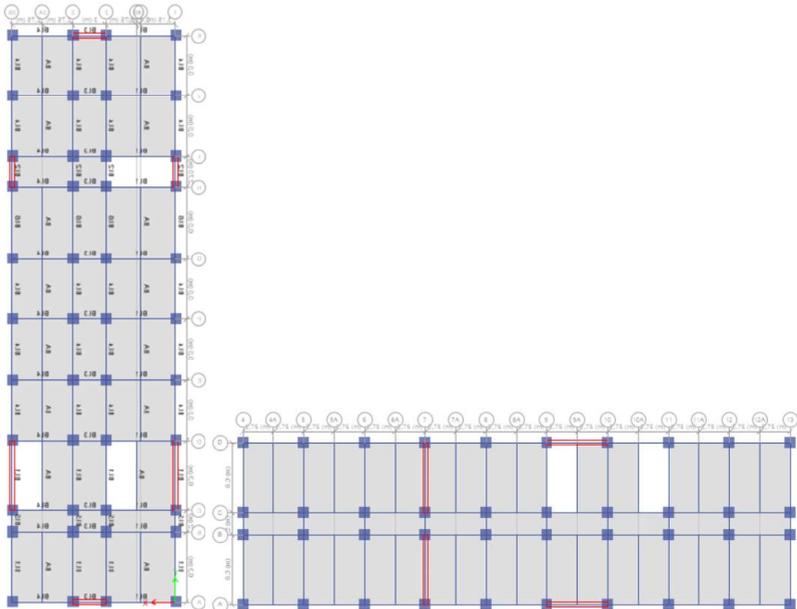
Dinding Geser (Shear Wall) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen – momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertical dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser dengan tebal  $40$  cm. Sebagai

contoh perhitungan akan direncanakan dinding geser berdasarkan hasil analisis ETABS yang mempunyai gaya maksimum.

Denah Dinding Geser Gedung A dan Gedung B

Data perencanaan adalah sebagai berikut :

Mutu beton ( $f'_c$ ) = 40 MPa  
 Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 MPa  
 Tebal dinding geser = 40 cm



Gambar 7.6 Denah Shearwall

Bentang *shear wall* = 6.3 m (arah X) dan 5 m (arah Y)

Tinggi *shear wall* = 54 m

Tebal selimut beton = 40 mm

#### 7.4.1 Gaya Geser Rencana Shear Wall

Dinding geser harus mempunyai tulangan geser horizontal dan vertikal. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser pada lantai basement. Dari hasil analisis struktur

dengan menggunakan program batu ETABS didapatkan kombinasi *envelope* beban maksimum sebagai berikut :

Tabel 7.5 Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS)

Kombinasi	Arah Y			Arah X		
	Aksial	Geser	Momen	Aksial	Geser	Momen
	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN)	(kN.m)
Envelope	-3926,5181	1224,773	9413,4154	-3465,1	1202,279	9016,479

#### 7.4.2 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847 : 2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_n = 0,55 \phi f'c \cdot A_g \left[ 1 - \left( \frac{k \cdot l_c}{32 \cdot h} \right)^2 \right]$$

Dimana :

l<sub>c</sub> = Panjang kolom

h = Tebal dinding geser

k = factor panjang efektif, dimana k = 0,8

Untuk arah X

$$P_u = 3465,1 \text{ kN}$$

$$A_g = 400 \times 6300 = 2520000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 2520000 \left[ 1 - \left( \frac{0,8 \cdot 6300}{32 \cdot 400} \right)^2 \right] \\ &= 35133,48 \text{ kN} > P_u = 3465,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk arah Y

$$P_u = 3926,52 \text{ kN}$$

$$A_g = 400 \times 5500 = 2200000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 2200000 \left[ 1 - \left( \frac{0,8 \cdot 5500}{32 \cdot 400} \right)^2 \right] \\ &= 32010,65 \text{ kN} > P_u = 3926,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 7.4.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser

Tebal dinding geser dianggap cukup bila dihitung memenuhi SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.3

$$\phi V_n = \phi 0,83 x \sqrt{f'c} x h x d$$

Dimana :

h = tebal dinding geser

d = 0,8 lw

Untuk arah X

Vu = 1202,28 kN

d = 0,8 x 6300 = 5040 mm

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 x 0,83 x \sqrt{40} x 400 x 5040 \\ &= 7937,1 \text{ kN} > 1202,28 \text{ kN}\end{aligned}$$

Untuk arah X

Vu = 1224,78 kN

d = 0,8 x 5500 = 4400 mm

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 x 0,83 x \sqrt{40} x 400 x 4400 \\ &= 6929,18 \text{ kN} > 1202,28 \text{ kN}\end{aligned}$$

### 7.4.4 Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.6

$$V_c = 0,27\lambda\sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{Nu \cdot d}{4lw}$$

Untuk arah X

Pu = 3852,84 kN

Vu = 1202,28 kN

lw = 6300 mm

d = 5040 mm

$$V_c = 0,27\sqrt{40} \times 400 \times 5040 + \frac{1202280 \times 5040}{4 \times 6300}$$

$$= 3638,04 \text{ kN}$$

$$0,5 \Phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 3638,04 = 1381,14 \text{ kN} > 1202,28 \text{ kN}$$

Untuk arah Y

$$P_u = 3926,82 \text{ kN}$$

$$V_u = 1224,78 \text{ kN}$$

$$l_w = 5500 \text{ mm}$$

$$d = 4400 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,27\sqrt{40} \times 400 \times 4400 + \frac{1224780 \times 4400}{4 \times 5500}$$

$$= 3250,38 \text{ kN}$$

$$0,5 \Phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 3250,38 = 1218,89 \text{ kN} > 1227,78 \text{ kN}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser horizontal dimana :

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$A_v = \text{laut tulangan horizontal}$$

$$S = \text{jarak tulangan horizontal}$$

#### 7.4.5 Penulangan Geser Dinding Geser

Sedikitnya harus dipakai dua lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang dinding di antara dua komponen batas melebihi  $0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \sqrt{f'_c}$ , di mana  $A_{cv}$  adalah luas bruto yang dibatasi oleh tebal badan dan panjang penampang dinding (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2).

Arah X

$$0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \sqrt{f'_c} = 0,17 \times (6300 \times 400) \times 1 \times \sqrt{40}$$

$$= 2709,44 \text{ kN} > 1202,28 \text{ kN}$$

Arah Y

$$0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \sqrt{f'_c} = 0,17 \times (5500 \times 400) \times 1 \times \sqrt{40}$$

$$= 2365,38 \text{ kN} > 1224,78 \text{ kN}$$

#### 7.4.6 Penulangan Geser Horizontal

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.2 rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025.

Arah X

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a.  $l_w/5 = 6300/5 = 1260 \text{ mm}$
- b.  $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c.  $450 \text{ mm}$

Maka dipakai jarak tulangan  $s = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan geser horizontal 2D13 – 200 mm ( $A_s = 258 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 200} = 0,0033 > 0,0025 \dots \text{OK!}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{258 \times 420 \times 5040}{200} = 2809,68 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 3683,04 + 2809,68 \\ &= 6492,72 \text{ kN} > 1202,28 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Arah Y

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a.  $l_w/5 = 5500/5 = 1100 \text{ mm}$
- b.  $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c.  $450 \text{ mm}$

Maka dipakai jarak tulangan  $s = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan geser horizontal 2D13 – 200 mm ( $A_s = 258 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 200} = 0,0033 > 0,0025 \dots \text{OK!}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{258 \times 420 \times 4400}{200} = 2452,89 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 3250,38 + 2452,89$$

$$= 5703,28 \text{ kN} > 1224,78 \text{ kN} \dots \text{OK!}$$

#### 7.4.7 Penulangan Geser Vertikal

Sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.9.4 rasio luas tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari  $0,0025 + 0,5(2,5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_t - 0,0025)$  dan  $0,0025$

Arah X

$$0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{3500}{6300} \right) (0,0033 - 0,0025) = 0,00329$$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a.  $l_w/5 = 6300/5 = 1260 \text{ mm}$
- b.  $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c.  $450 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan geser vertikal 2D13-200 mm ( $A_s = 258 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_l = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 200} = 0,00331 > 0,00329 \dots \text{OK!}$$

Arah Y

$$0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{3500}{5500} \right) (0,0033 - 0,0025) = 0,00326$$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- d.  $l_w/5 = 5500/5 = 1100 \text{ mm}$
- e.  $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- f.  $450 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan geser vertical 2D13-200 mm ( $A_s = 258 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_l = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 200} = 0,00331 > 0,00326 \dots \text{OK!}$$

#### 7.4.8 Kontrol Komponen Batas

Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari  $0.2f'_c$ . SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.3

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 f'_c$$

$$\frac{9413,41 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 400 \times 6300^2} + \frac{3926,52 \times 10^3}{400 \times 6300} > 0,2 \times 40$$

$$= 5,12 > 10 \dots \text{NOT OK!}$$

Tidak perlu komponen batas

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{265,46 \times 420}{0,85 \times 40 \times 630} = 163,96$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{163,96}{0,76} = 215,74 > 1500 \dots \text{NOT OK!}$$

Tidak Perlu komponen batas

## BAB 8

### PERENCANAAN SAMBUNGAN

#### 8.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (*non topping*) seperti *mechanical connection* dan *welding connection* yang cukup rumit. Untuk sambungan basah dalam daerah *joint*, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan.

Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

#### 8.2 Konsep Desain Sambungan

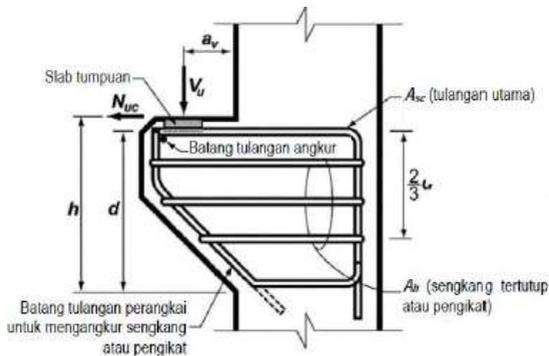
Konsep desain sambungan pada tugas akhir ini adalah menggunakan sambungan basah dan sambungan mekanik,

Sambungan mekanik direncanakan dengan menggunakan produk dari peikko group.

Konsep penyaluran gaya dalam yang ada pada sambungan basah adalah dengan menggunakan panjang penyaluran dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pencapaian penyambungan sebelum komposit sehingga mencapai kekuatan yang benar-benar monolit (menyatu dan berkesinambungan).

### 8.3 Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom

#### 8.3.1 Perhitungan Konsol Pada Kolom



Gambar 8.1 Detail Konsol Pendek  
(Sumber : SNI 2847 : 2013)

#### a. Data Perencanaan

$$V_u = 126294,3 \text{ N}$$

Dimensi konsol :

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 40 - 29 = 331 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

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

$$a = 250 \text{ MPa}$$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8. maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi harus sesuai yang diisyaratkan pada SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.1. yaitu :

$$a/d = 250/331 = 0,755 < 1 \dots \text{OK!}$$

$$Nuc \leq V_u$$

$$Nuc = 0,2 \times 126294,3 = 25258,86 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.3.1 syarat nilai kuat geser  $V_n$  untuk beton normal adalah :

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{126294,3}{0,75} = 168392,4 \text{ N}$$

b. Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.3.2 (a). untuk beton normal. kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$\begin{aligned} 0,2 \times f'_c \times b_w \times d &= 0,2 \times 40 \times 400 \times 331 \\ &= 1059200 \geq V_n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3,3 + 0,08 \times f'_c) b_w \times d &= (3,3 + 0,08 \times 40) 400 \times 331 \\ &= 860600 \geq V_n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11 \times b_w \times d &= 11 \times 400 \times 331 \\ &= 1456400 \geq V_n \end{aligned}$$

$$\mu = 1,4$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{168392,4}{420 \times 1,4} = 286,38 \text{ mm}^2$$

c. Luas Tulangan Lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengizinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan  $Nuc$  minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a + Nuc(h-d) \\ &= 126294,3 \times 250 + 25258,86 (400-331) \\ &= 33316441 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,75 \times b_w \times d^2} = \frac{33316441}{0,75 \times 400 \times 331^2} = 1,01$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,01}{420}} \right) \\ &= 0,00245 < \rho_{min} = 0,0035\end{aligned}$$

$$\rho = 0,0035$$

$$\begin{aligned}Af1 &= \frac{Mu}{0,85 \times \emptyset \times fy \times d} = \frac{33316441}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 331} \\ &= 375,92 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$Af2 = \rho \times bw \times d = 0,0035 \times 400 \times 331 = 463,4 \text{ mm}^2$$

$$Af = 463,4 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pokok As

$$An = \frac{Nuc}{\emptyset \times fy} = \frac{25258,86}{0,75 \times 420} = 80,19 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan Tulangan yang Digunakan

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.3.5

$$Asc = Af + An = 463,4 + 80,19 = 543,59 \text{ mm}^2$$

$$Asc = \left( \frac{2 \times Avf}{3} + An \right) = \left( \frac{2 \times 286,38}{3} + 80,19 \right) = 271,11 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.5

$$\begin{aligned}Asc_{min} &= 0,04 \left( \frac{f'c}{fy} \right) bw \times d = 0,04 \left( \frac{40}{420} \right) 400 \times 331 \\ &= 504,83 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$Asc = 543,59 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan utama 2D25 (As = 1321,04)

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.4

$$Ah = 0,5(As - An) = 0,5(543,59 - 80,19) = 231,7 \text{ mm}^2$$

Dan dipasang sengkang 4D13, dipasang di sepanjang  $(2/3)d = (2/3) 331 = 220,667 \approx 200 \text{ mm}^2$

e. Luas Pelat Landasan

$$Vu = \emptyset \times 0,85 \times f'c \times Al$$

$$Al = \frac{Vu}{\emptyset \times 0,85 \times f'c} = \frac{126294,3}{0,75 \times 0,85 \times 40} = 4952,72 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai pelat landasan  $150 \times 300 \text{ mm}^2$  ( $45000 \text{ mm}^2$ ) dengan tebal 15 mm.

### 8.3.2 Perhitungan Sambungan Balok dengan Kolom

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

$$db = 25 \text{ mm}$$

a. Panjang Penyaluran Tulangan dalam Tekan

$$\begin{aligned} ldc &= 0,24 \times \frac{fy}{\sqrt{f'c}} \times db \\ &= 0,24 \times \frac{420}{\sqrt{40}} \times 25 \\ &= 462,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ldc &= 0,043 \times fy \times db = 0,043 \times 420 \times 25 \\ &= 523,74 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$ld_{\min} = 523,74$$

$$ld = 520 \text{ mm}$$

b. Panjang Penyaluran Tulangan dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 12.5.1 maka :

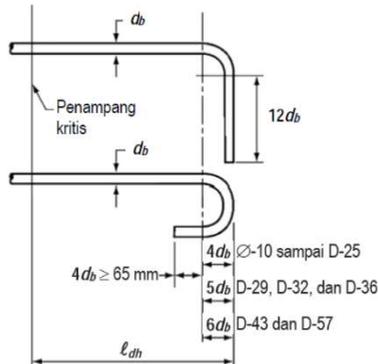
$$ldh \geq 8db = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 0,24 \times \psi_e \times fy \times \frac{db}{\sqrt{f'c}}$$

$$\geq 0,24 \times 1 \times 420 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 462,2470 \text{ mm}$$

Dengan panjang kait standar 90 derajat sebesar  $12db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$ .



Gambar 8.2 Detail Penyaluran Tulangan  
(Sumber : SNI 2847 : 2013)

## 8.4 Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

### 8.4.1 Perencanaan Konsol pada Balok Induk

Dari analisis struktur sekunder didapatkan :

$$V_u = 81427,7$$

a. Data Perencanaan

Dimensi Balok Anak 30/50

Dimensi Konsol

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$h = 185 \text{ mm}$$

$$d = 185 - 40 - 25 = 120$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

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

$$a = 120 \text{ mm}$$

$$a/d = 120/120 = 1 \geq 1 \dots \text{OK!}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{81427,7}{0,75}$$

$$= 108570,27 \text{ N}$$

### b. Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi

Sesuai SNI 28147 : 2013 pasal 11.8.3.2 (a), syarat nilai kuat geser  $V_n$  untuk beton normal adalah :

$$\begin{aligned} 0,2 \times f'c \times b_w \times d &= 0,2 \times 40 \times 300 \times 120 \\ &= 288000 \geq V_n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3,3 + 0,08 \times f'c) b_w \times d &= (3,3 + 0,08 \times 40) 300 \times 120 \\ &= 234000 \geq V_n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11 \times b_w \times d &= 11 \times 300 \times 120 \\ &= 396000 \geq V_n \end{aligned}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{168392,4}{420 \times 1,4} = 286,38 \text{ mm}^2$$

### c. Luas Tulangan Lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengizinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan  $N_{uc}$  minimum.

$$N_{uc} = 0,2 \times 81427,7 = 16285,54 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a + N_{uc}(h-d) \\ &= 81427,7 \times 120 + 16285,54(185-120) \\ &= 11237022,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,75 \times b_w \times d^2} = \frac{11237022,6}{0,75 \times 300 \times 120^2} = 3,47$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 3,47}{420}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,0087 < \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho = 0,0087$$

$$Af1 = \frac{Mu}{0,85 \times \emptyset \times f_y \times d} = \frac{11237022,6}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 120} \\ = 349,74 \text{ mm}^2$$

$$Af2 = \rho \times bw \times d = 0,0087 \times 400 \times 120 = 314,215 \text{ mm}^2$$

$$Af = 349,74 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pokok As

$$An = \frac{Nuc}{\emptyset \times f_y} = \frac{16285,54}{0,75 \times 420} = 51,7 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan Tulangan yang Digunakan

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.3.5

$$Asc = Af + An = 349,74 + 51,7 = 401,44 \text{ mm}^2$$

$$Asc = \left( \frac{2 \times Avf}{3} + An \right) = \left( \frac{2 \times 184,64}{3} + 51,7 \right) = 174,79 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.5

$$Ascmin = 0,04 \left( \frac{f'_c}{f_y} \right) bw \times d = 0,04 \left( \frac{40}{420} \right) 400 \times 120 \\ = 137,14 \text{ mm}^2$$

$$Asc = 401,44 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan utama 2D25 (As = 1321,04)

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 11.8.4

$$Ah = 0,5(As - An) = 0,5(543,59 - 80,19) = 231,7 \text{ mm}^2$$

Dan dipasang sengkang 4D13, dipasang di sepanjang  $(2/3)d = (2/3) 120 = 80 \text{ mm}^2$

e. Luas Pelat Landasan

$$Vu = \emptyset \times 0,85 \times f'_c \times Al$$

$$Al = \frac{Vu}{\emptyset \times 0,85 \times f'_c} = \frac{81427,7}{0,75 \times 0,85 \times 40} = 3193,24 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai pelat landasan  $150 \times 150 \text{ mm}^2$  ( $22500 \text{ mm}^2$ ) dengan tebal 15 mm.

### 8.3.2 Perhitungan Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

$$db = 25 \text{ mm}$$

#### a. Panjang Penyaluran Tulangan dalam Tekan

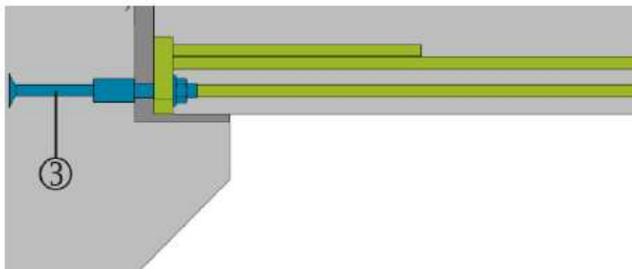
$$\begin{aligned} l_{dc} &= 0,24 \times \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \times db \\ &= 0,24 \times \frac{420}{\sqrt{40}} \times 25 \\ &= 398,45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc} &= 0,043 \times f_y \times db = 0,043 \times 420 \times 25 \\ &= 451,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dmin} = 451,5$$

$$l_d = 460 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok induk yang digunakan juga merupakan elemen pracetak maka digunakan Beco Beam Shoe yang memiliki  $f_y > 1,5 \times f_y = 620 \text{ Mpa}$  sehingga termasuk kategori *mechanical splice* tipe 2 yang dihubungkan ke Copra Anchor. Sesuai dengan ACI 318-11 ps 21.1.6.2 *mechanical splices* dapat digunakan dilokasi manapun.



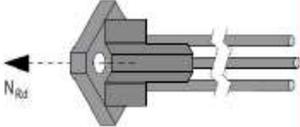
Gambar 8.3 Pemasangan BECO Beam Shoe  
(Sumber : Brosur BECO Beam Shoe)

Sambungan juga memenuhi ACI 318-11 ps 21.8.3 (c) dimana tulangan utama longitudinal harus dibuat menerus dari sambungan kuat dan daerah plastisnya

Berdasarkan kuat tarik maksimum yang dibutuhkan untuk 1 *beam shoe* maka dibutuhkan  $N_{rd} > 585 \times 420 = 264,6 \text{ KN}$

Tabel 8.1 Dimensi BECO Beam Shoe

Beam Shoe	Anchoring Coupler	$N_{rd}$ [kN]
BECO 16H	COPRA 16H-...*	62
BECO 20H	COPRA 20H-...*	96
BECO 24H	COPRA 24H-...*	139
BECO 30H	COPRA 30H-...*	220
BECO 39H	COPRA 39H-...*	383
BECO 30P	COPRA 30P-...*	299
BECO 36P	COPRA 36P-...*	436
BECO 39P	COPRA 39P-...*	521
BECO 45P	COPRA 45P-...*	697
BECO 52P	COPRA 52P-...*	938



Digunakan Beco Beam Shoe 39H dan Copra L39H

Tabel 8.2 Dimensi BECO Beam Shoe

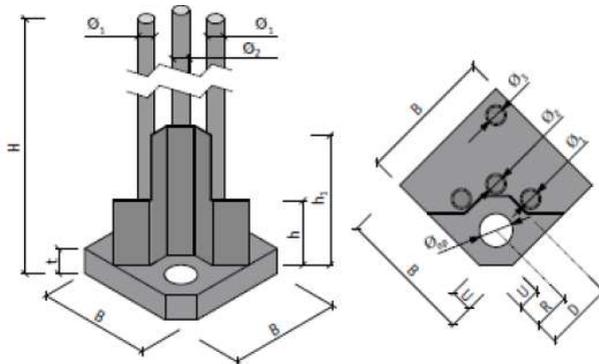


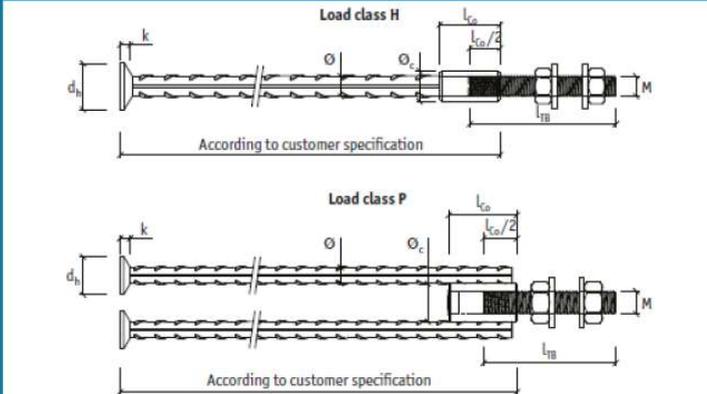
Table 1. Dimensions [mm], weights [kg] and color codes of Beam Shoes.

Beam Shoe	BECO 16H	BECO 20H	BECO 24H	BECO 30H	BECO 39H	BECO 30P	BECO 36P	BECO 39P	BECO 45P	BECO 52P
B	115	125	140	150	190	160	200	225	260	290
H	925	1080	1220	1620	2240	1850	2320	2100	2390	3130
t	15	20	25	35	45	40	50	50	60	80
R	50	50	50	50	60	50	60	60	60	60
U	30	30	30	30	37	30	37	37	37	37
D	80	80	85	90	115	90	110	115	125	130
h	80	90	90	100	130	100	110	130	125	150
h1	145	160	165	185	225	185	215	225	245	295
Ø <sub>1</sub>	12	16	20	25	32	28	32	28	32	40
Ø <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	28	32	32
Ø <sub>3</sub>	10	12	16	20	28	20	28	28	32	32
Ø <sub>p</sub>	27	30	35	40	55	40	50	55	60	70
Weight	3.5	6.2	10.3	19.6	43.9	27.0	47.2	52.0	79.6	133.3
Colour code*	Yellow	Blue	Gray	Green	Orange	Black	Red	Brown	Purple	White

\* Color code is marked on base surface of BECO bottom plate.

Lap lengths of anchor bars are defined according to concrete grade C30/37 in good bond conditions.

Tabel 8.3 Dimensi COPRA Anchor



	Load class H					Load class P				
	COPRA 16H	COPRA 20H	COPRA 24H	COPRA 30H	COPRA 39H	COPRA 30P	COPRA 36P	COPRA 39P	COPRA 45P	COPRA 52P
M	M16	M20	M24	M30	M39	M30	M36	M39	M45	M52
$l_{TB}$ [mm]	130	145	166	195	245	195	220	245	263	320
$l_c$ [mm]	48	60	72	90	120	90	108	120	135	160
$\varnothing_c$ [mm]	25	30	35	50	65	50	60	65	75	90
$\varnothing$ [mm]	$\varnothing 16$	$\varnothing 20$	$\varnothing 25$	$\varnothing 32$	$\varnothing 40$	$\varnothing 25$	$\varnothing 28$	$\varnothing 28$	$\varnothing 32$	$\varnothing 32$
$d_b$ [mm]	38	46	55	70	90	55	84	84	70	70
k [mm]	10	12	13	15	18	13	20	20	15	15
Color code	Yellow	Blue	Gray	Green	Orange	Black	Red	Brown	Purple	White

NOTE: The total length of the headed anchoring bars should be defined according to the dimensions of the concrete member and verified according to CEN/TS 1992-4-2.

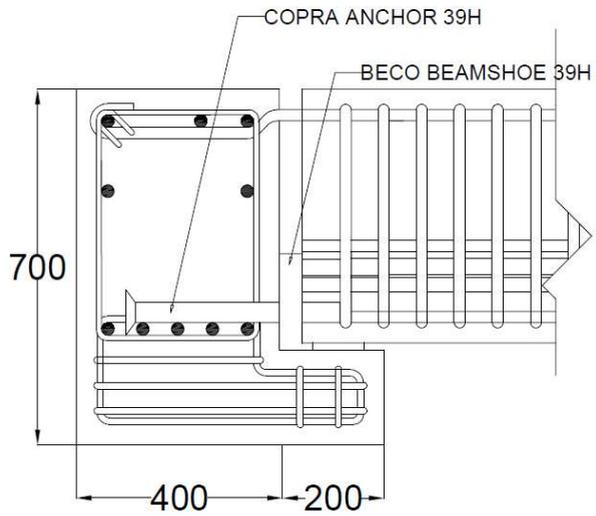
b. Panjang Penyaluran Tulangan dalam Tarik  
Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 12.5.1 maka :

$$l_{dh} \geq 8d_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

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

Dengan panjang kait standar 90 derajat sebesar  $4d_b = 4 \times 25 = 100 \text{ mm}$ .

Maka dipakai  $l_{dh} = 360 \text{ mm}$  dengan mengaitkan tulangan utama balok anak ke tulangan utama balok induk.



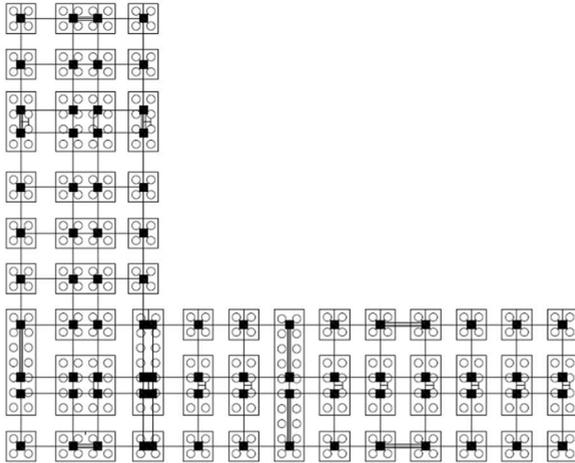
Gambar 8.4 Detail Sambungan Balok Anak – Balok Induk



## BAB 9

### PERENCANAAN PONDASI

#### 9.1 Umum



Gambar 9.1 Denah Pondasi

#### 9.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 pasal 2.4.1 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- 1D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75L + 0,75(0,7E)
- 0,6D + 0,7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan control dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan Pijin 1 tiang. Berikut ini adalah output dari *joint reaction* pada pondasi.

Tabel 9. 1 Output Joint Reaction Tipe 1

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My
1D+1L	2300,6562	13,8965	12,4761	22,0398	22,873
D	2037,2026	11,2455	10,0557	17,9498	18,883
D+0,75L	2234,7928	13,2337	11,871	21,0173	21,8755
D+0,7EX Max	2342,6122	34,4385	14,04	10,2674	193,0256
D+0,7EY Max	2240,4463	18,2158	23,12	75,3009	71,2151
D+0,7EX+L M	2606,0658	37,0895	16,4603	6,1775	197,0156
D+0,7EY+L M	2503,9	20,8669	25,5403	71,211	75,2051
0,6D+0,7EX M	1527,7311	29,9403	10,0177	17,4473	185,4724
0,6D+0,7EY M	1425,5653	13,7176	19,0977	82,4808	63,6619

Tabel 9.2 Output Joint Reaction Tipe 2

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My
1D+1L	7217,3011	13,6689	34,0892	58,9609	13,5189
D	6406,599	10,6662	26,9171	47,1267	10,0121
D+0,75L	7014,6256	12,9182	32,2961	56,0023	12,6422
D+0,7EX Max	11697,25	549,447	34,8938	8,4837	656,4178
D+0,7EY Max	8041,4655	160,585	52,5388	137,8294	190,3183
D+0,7EX+L M	8852,1676	157,583	59,711	125,9951	186,8115
D+0,7EY+L M	12507,9519	546,444	42,0659	3,3505	652,9111
0,6D+0,7EX M	9134,6104	553,713	24,1269	27,3345	660,4227
0,6D+0,7EY M	5478,826	164,852	41,7719	156,6801	194,3231

Tabel 9.3 Output Joint Reaction Tipe 3

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My
1D+1L	11630,945	4,6104	2,0689	0,2852	11,5472
D	9937,3137	3,9608	0,764	1,8685	8,9357
D+0,75L	11207,5372	4,4479	1,7427	0,2532	10,8943
D+0,7EX Max	10076,2487	89,2753	15,7983	110,769	693,9797
D+0,7EY Max	10143,0265	24,0885	53,6726	373,1209	202,1756
D+0,7EX+L M	11769,8802	88,6259	14,4932	112,9226	691,3682
D+0,7EY+L M	11836,6579	23,4391	52,3677	375,2745	199,564
0,6D+0,7EX M	6101,3234	90,8598	16,1038	111,5164	697,5541
0,6D+0,7EY M	5823,453	95,6127	17,0207	113,7586	708,2769

Tabel 9.4 Output Joint Reaction Tipe 4

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My
1D+1L	17376,0128	4,243	8,9812	23,7549	4,5301
D	15679,8128	2,9281	8,9033	16,5792	3,5753
D+0,75L	16951,9628	3,9142	8,9617	21,9611	4,2913
D+0,7EX Max	18157,355	107,843	295,6778	412,5694	849,9248
D+0,7EY Max	22074,8389	37,7354	941,8339	1324,73	282,8142
D+0,7EX+L M	19853,5551	109,158	295,7555	419,7451	850,8797
D+0,7EY+L M	23771,0389	39,0503	941,9117	1331,906	283,769
0,6D+0,7EX M	11885,4298	106,672	292,1163	405,9376	848,4949
0,6D+0,7EY M	15802,9138	36,5641	938,2726	1318,098	281,3843

Tabel 9.5 Output Joint Reaction Tipe 5

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My
1D+1L	21420,4062	5,4753	0,6719	1,1819	14,7879
D	19008,7929	4,8393	0,3982	0,8628	13,5003
D+0,75L	20817,5028	5,3163	0,6035	1,1022	14,4659
D+0,7EX Max	24558,1037	69,5704	487,9754	420,183	469,0838
D+0,7EY Max	31872,7518	32,3261	1622,1213	1400,96	202,3363
D+0,7EX+L M	22146,4905	68,9345	488,2491	420,5021	467,7962
D+0,7EY+L M	31872,7518	32,3261	1622,1213	1400,96	202,3363
0,6D+0,7EX M	14542,9733	66,9987	488,4083	420,8473	462,3961
0,6D+0,7EY M	21857,6213	29,7545	1622,5544	1401,624	195,6486

### 9.3 Kriteria Design

#### 9.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Waskita Beton Precast.

Tabel 9.6 Spesifikasi Tiang Pancang

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Length L (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (ton)
						Crack	Ultimate	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.80	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.90	6.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	16.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1.159	290	6 - 16	10.50	16.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1.571	393	6 - 16	17.00	26.50	262.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				26.00	46.00	238.30
		C				29.00	55.00	229.50
800	120	A1	2.564	641	6 - 24	40.00	60.00	412.00
		A2				45.00	67.50	408.20
		A3				49.00	73.50	400.70
		B				56.00	99.00	385.20
		C				65.00	130.00	373.10
1000	140	A1	3.782	946	6 - 24	75.00	112.50	614.40
		A2				81.00	121.50	606.40
		A3				95.00	142.50	589.30
		B				105.00	189.00	571.20
		C				120.00	240.00	558.70
1200	150	A1	4.948	1.237	6 - 24	120.00	180.00	769.10
		A2				134.00	201.00	791.10
		A3				156.00	234.00	768.00
		B				170.00	306.00	736.70
		C				200.00	400.00	718.20

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.

2. Mutu beton tiang pancang  $f_c' = 58$  Mpa.

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

<i>Outside Diameter (D)</i>	: 600 mm
<i>Wall Thickness</i>	: 100 mm
<i>Class</i>	: C
<i>Concrete Cross Section</i>	: 1571 cm <sup>2</sup>
<i>Unit Weight</i>	: 393 kg/m
<i>Length</i>	: 6-16 m
<i>Bending momen crack</i>	: 29 tm
<i>Bending momen ultimate</i>	: 58 tm
<i>Allowable axial Load</i>	: 229,5 ton

### 9.3.2 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Dari hasil data tanah yang didapatkan, digunakan contoh untuk kedalaman 30 m dengan diameter tiang pancang 600 mm (lihat Tabel 9.)

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 ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Di mana Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap SPT asli. Metode perhitungannya menggunakan cara *Terzaghi Bazaraa*, dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar tidak ada koreksi sehingga  $N_1 = N$

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \times A_{ujung} = 40 \times N \times A_{ujung}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana :

$\tilde{N}$  = Harga rata – rata  $N_2$  4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

$C_{li}$  =  $N/2$  untuk tanah lempung atau lanau dan  $N/5$  untuk tanah pasir

$A_{si}$  = Luas selimut tiang pada segmen  $i = O_i \times h_i$

$O_i$  = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$Pijin\ 1\ tiang = \frac{Qult}{SF}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

Tabel 9.7 Hasil SPT

Depth (m)	Jenis Tanah	Gamma efektif (t/m <sup>3</sup> )	σ'0 (t/m <sup>2</sup> )	N	N1	NF	2N1	N2 Koreksi	N rata2 ujung	Qujung (t)	f <sub>si</sub> (t/m <sup>2</sup> )	R <sub>si</sub> (t)	Σ R <sub>si</sub> (t)	Qult = Qujung + Σ R <sub>si</sub>	Qijin = Qult / SF ; SF = 3
1	p	1,6	0,8	2	2	6,06	4	4	4,602	52,043	0,8	0,75	0,75	52,80	17,60
1,5	p	1,6	1,6	2	2	4,88	4	4	4,454	50,370	0,8	0,75	1,51	51,88	17,29
2	p	1,725	2,4625	3	3	6,05	6	6	4,301	48,646	1,2	1,13	2,64	51,29	17,10
2,5	p	1,725	3,325	3	3	5,15	6	5,150	4,169	47,153	1,030	0,97	3,61	50,76	16,92
3	p	1,725	4,1875	3	3	4,49	6	4,486	4,052	45,831	0,897	0,85	4,46	50,29	16,76
3,5	p	1,725	5,05	3	3	3,97	6	3,974	3,947	44,641	0,795	0,75	5,20	49,85	16,62
4	p	1,725	5,9125	3	3	3,57	6	3,566	3,851	43,557	0,713	0,67	5,88	49,43	16,48
4,5	p	1,725	6,775	3	3	3,23	6	3,235	3,833	43,345	0,647	0,61	6,49	49,83	16,61
5	p	0,725	7,1375	3	3	3,11	6	3,113	3,808	43,071	0,623	0,59	7,07	50,14	16,71
5,5	L	0,725	7,5	3	3	3,00	6	3,000	3,764	42,575	1,500	1,41	8,49	51,06	17,02
6	L	0,725	7,8625	3	3	2,90	6	2,895	3,713	41,998	1,448	1,36	9,85	51,85	17,28
6,5	L	0,725	8,225	3	3	2,80	6	2,797	3,569	40,363	1,399	1,32	11,17	51,53	17,18
7	L	0,725	8,5875	4	4	3,61	8	3,608	3,476	39,316	1,804	1,70	12,87	52,18	17,39
7,5	L	0,725	8,95	4	4	3,49	8	3,493	3,476	39,316	1,747	1,65	14,52	53,83	17,94
8	L	0,725	9,3125	4	4	3,39	8	3,386	3,555	40,211	1,693	1,60	16,11	56,32	18,77
8,5	L	0,725	9,675	4	4	3,29	8	3,285	3,703	41,881	1,643	1,55	17,66	59,54	19,85
9	L	0,8	10,075	5	5	3,98	10	3,976	3,912	44,240	1,988	1,87	19,53	63,77	21,26
9,5	L	0,8	10,475	5	5	3,85	10	3,854	4,164	47,093	1,927	1,82	21,35	68,44	22,81
10	L	0,8	10,875	6	6	4,49	12	4,486	4,641	52,485	2,243	2,11	23,46	75,95	25,32
10,5	L	0,8	11,275	7	7	5,08	14	5,082	5,181	58,595	2,541	2,39	25,86	84,45	28,15
11	L	0,85	11,7	8	8	5,63	16	5,634	5,721	64,705	2,817	2,65	28,51	93,22	31,07
11,5	L	0,85	12,125	9	9	6,15	18	6,154	6,258	70,772	3,077	2,90	31,41	102,18	34,06
12	L	0,85	12,55	10	10	6,64	20	6,645	6,795	76,845	3,322	3,13	34,54	111,39	37,13
12,5	L	0,85	12,975	11	11	9,68	22	9,676	7,332	82,921	4,838	4,56	39,10	122,02	40,67
13	L	0,85	13,4	12	12	10,46	24	10,458	7,869	88,995	5,229	4,93	44,03	133,03	44,34
13,5	L	0,85	13,825	12	12	10,36	24	10,362	8,408	95,096	5,181	4,88	48,91	144,01	48,00
14	L	0,9	14,275	13	13	11,12	26	11,117	8,949	101,211	5,559	5,24	54,15	155,36	51,79
14,5	L	0,9	14,725	13	13	11,01	26	11,011	9,495	107,384	5,506	5,19	59,34	166,73	55,58
15	L	0,9	15,175	13	13	10,91	26	10,907	9,990	112,983	5,454	5,14	64,48	177,46	59,15
15,5	L	0,9	15,625	13	13	10,81	26	10,805	10,437	118,044	5,403	5,09	69,57	187,62	62,54
16	L	0,9	16,075	14	14	11,53	28	11,529	10,896	123,230	5,764	5,43	75,01	198,24	66,08
16,5	L	0,9	16,525	14	14	11,42	28	11,423	11,422	129,184	5,711	5,38	80,39	209,57	69,86
17	L	0,9	16,975	15	15	12,13	30	12,127	11,778	133,209	6,064	5,71	86,10	219,31	73,10
17,5	L	0,95	17,45	15	15	12,01	30	12,012	12,123	137,112	6,006	5,66	91,76	228,88	76,29
18	L	0,95	17,925	15	15	11,90	30	11,899	12,520	141,593	5,949	5,61	97,37	238,96	79,65
18,5	L	0,95	18,4	16	16	12,57	32	12,574	12,905	145,956	6,287	5,93	103,30	249,25	83,08
19	L	0,95	18,875	18	18	14,01	36	14,015	13,288	150,287	7,007	6,60	109,90	260,19	86,73
19,5	L	0,95	19,35	19	19	14,66	38	14,658	13,668	154,586	7,329	6,91	116,81	271,39	90,46
20	L	0,95	19,825	20	20	15,29	40	15,289	14,046	158,853	7,645	7,20	124,01	282,87	94,29
20,5	L	0,95	20,3	21	21	15,91	42	15,909	14,413	163,010	7,955	7,50	131,51	294,52	98,17
21	L	0,95	20,775	22	22	16,52	44	16,518	14,983	169,453	8,259	7,78	139,29	308,75	102,92
21,5	L	0,95	21,25	22	22	16,37	44	16,372	15,744	178,064	8,186	7,72	147,01	325,07	108,36
22	L	0,95	21,725	22	22	16,23	44	16,229	16,597	187,711	8,114	7,65	154,66	342,37	114,12
22,5	L	0,95	22,2	22	22	16,09	44	16,088	17,490	197,811	8,044	7,58	162,24	360,05	120,02
23	L	0,95	22,675	23	23	16,67	46	16,674	18,414	208,258	8,337	7,86	170,10	378,35	126,12
23,5	L	1	23,175	27	27	19,40	54	19,398	19,263	217,864	9,699	9,14	179,24	397,10	132,37
24	L	1	23,675	32	32	22,79	64	22,786	20,047	226,721	11,393	10,74	189,97	416,70	138,90
24,5	L	1,2	24,275	34	34	23,95	68	23,954	20,812	235,382	11,977	11,29	201,26	436,64	145,55
25	L	1,2	24,875	35	35	24,40	70	24,401	21,606	244,357	12,200	11,50	212,76	457,12	152,37
25,5	L	1,3	25,525	37	37	25,51	74	25,506	22,379	253,099	12,753	12,02	224,78	477,88	159,29
26	L	1,3	26,175	38	38	25,91	76	25,905	23,183	262,194	12,953	12,21	236,99	499,18	166,39
26,5	L	1,3	26,825	38	38	25,62	76	25,622	24,107	272,649	12,811	12,07	249,06	521,71	173,90
27	L	1,3	27,475	39	39	26,02	78	26,011	25,059	283,411	13,005	12,26	261,32	544,73	181,58
27,5	L	1,45	28,28	41	41	27,02	82	27,018	26,026	294,347	13,509	12,73	274,05	568,40	189,47
28	L	1,5	28,95	42	42	27,34	84	27,339	26,536	300,113	13,670	12,88	286,93	587,05	195,68
28,5	L	1,6	29,75	43	43	27,63	86	27,631	26,848	303,648	13,815	13,02	299,96	603,60	201,20
29	L	1,65	30,575	46	46	29,17	92	29,172	27,111	306,623	14,586	13,75	313,70	620,33	206,78
29,5	L	1,7	31,425	47	47	29,41	94	29,409	27,383	309,689	14,705	13,86	327,56	637,25	212,42
30	L	1,9	32,375	49	49	30,21	98	30,212	27,591	312,047	15,106	14,24	341,80	653,84	217,95

Berdasarkan tabel di atas, daya dukung 1 pondasi berdiameter 600 mm pada kedalaman 30 m adalah :

$$Q_{ijin} = 217,95 \text{ t}$$

Tabel 9.8 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 1

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	Pizin
	Kn	kN	kN	kN.m	kN.m		kN
ID+1L	2300,6562	13,8965	12,4761	22,0398	22,873	4	1733,053
D	2037,2026	11,2455	10,0557	17,9498	18,883	4	1733,053
D+0,75L	2234,7928	13,2337	11,871	21,0173	21,8755	4	1733,053
D+0,7EX Max	2342,6122	34,4385	14,04	10,2674	193,0256	4	1733,053
D+0,7EY Max	2240,4463	18,2158	23,12	75,3009	71,2151	4	1733,053
D+0,7EX+L M	2606,0658	37,0895	16,4603	6,1775	197,0156	4	1733,053
D+0,7EY+L M	2503,9	20,8669	25,5403	71,211	75,2051	4	1733,053
0,6D+0,7EX M	1527,7311	29,9403	10,0177	17,4473	185,4724	4	1733,053
0,6D+0,7EY M	1425,5653	13,7176	19,0977	82,4808	63,6619	4	1733,053

Tabel 9.9 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 2

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	Pizin
	Kn	kN	kN	kN.m	kN.m		kN
ID+1L	7217,3011	13,6689	34,0892	58,9609	13,5189	14	1733,053
D	6406,599	10,6662	26,9171	47,1267	10,0121	14	1733,053
D+0,75L	7014,6256	12,9182	32,2961	56,0023	12,6422	14	1733,053
D+0,7EX Max	11697,25	549,447	34,8938	8,4837	656,4178	14	1733,053
D+0,7EY Max	8041,4655	160,585	52,5388	137,8294	190,3183	14	1733,053
D+0,7EX+L M	8852,1676	157,583	59,711	125,9951	186,8115	14	1733,053
D+0,7EY+L M	12507,9519	546,444	42,0659	3,3505	652,9111	14	1733,053
0,6D+0,7EX M	9134,6104	553,713	24,1269	27,3345	660,4227	14	1733,053
0,6D+0,7EY M	5478,826	164,852	41,7719	156,6801	194,3231	14	1733,053

Tabel 9.10 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 3

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	Pizin
	Kn	kN	kN	kN.m	kN.m		kN
ID+1L	11630,945	4,6104	2,0689	0,2852	11,5472	16	1733,053
D	9937,3137	3,9608	0,764	1,8685	8,9357	16	1733,053
D+0,75L	11207,5372	4,4479	1,7427	0,2532	10,8943	16	1733,053
D+0,7EX Max	10076,2487	89,2753	15,7983	110,769	693,9797	16	1733,053
D+0,7EY Max	10143,0265	24,0885	53,6726	373,1209	202,1756	16	1733,053
D+0,7EX+L M	11769,8802	88,6259	14,4932	112,9226	691,3682	16	1733,053
D+0,7EY+L M	11836,6579	23,4391	52,3677	375,2745	199,564	16	1733,053
0,6D+0,7EX M	6101,3234	90,8598	16,1038	111,5164	697,5541	16	1733,053
0,6D+0,7EY M	5823,453	95,6127	17,0207	113,7586	708,2769	16	1733,053

Tabel 9.11 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 4

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	Pizin
	Kn	kN	kN	kN.m	kN.m		kN
ID+1L	17376,0128	4,243	8,9812	23,7549	4,5301	14	1733,053
D	15679,8128	2,9281	8,9033	16,5792	3,5753	14	1733,053
D+0,75L	16951,9628	3,9142	8,9617	21,9611	4,2913	14	1733,053
D+0,7EX Max	18157,355	107,843	295,6778	412,5694	849,9248	14	1733,053
D+0,7EY Max	22074,8389	37,7354	941,8339	1324,73	282,8142	14	1733,053
D+0,7EX+L M	19853,5551	109,158	295,7555	419,7451	850,8797	14	1733,053
D+0,7EY+L M	23771,0389	39,0503	941,9117	1331,906	283,769	14	1733,053
0,6D+0,7EX M	11885,4298	106,672	292,1163	405,9376	848,4949	14	1733,053
0,6D+0,7EY M	15802,9138	36,5641	938,2726	1318,098	281,3843	14	1733,053

Tabel 9.12 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Tipe 5

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	Pizin
	Kn	kN	kN	kN.m	kN.m		kN
ID+1L	21420,4062	5,4753	0,6719	1,1819	14,7879	20	1733,053
D	19008,7929	4,8393	0,3982	0,8628	13,5003	20	1733,053
D+0,75L	20817,5028	5,3163	0,6035	1,1022	14,4659	20	1733,053
D+0,7EX Max	24558,1037	69,5704	487,9754	420,183	469,0838	20	1733,053
D+0,7EY Max	31872,7518	32,3261	1622,1213	1400,96	202,3363	20	1733,053
D+0,7EX+L M	22146,4905	68,9345	488,2491	420,5021	467,7962	20	1733,053
D+0,7EY+L M	31872,7518	32,3261	1622,1213	1400,96	202,3363	20	1733,053
0,6D+0,7EX M	14542,9733	66,9987	488,4083	420,8473	462,3961	20	1733,053
0,6D+0,7EY M	21857,6213	29,7545	1622,5544	1401,624	195,6486	20	1733,053

Berdasarkan table di atas sehingga jumlah tiang panjang yang digunakan untuk tipe 1 adalah 4 buah, untuk tipe 2 adalah 14 buah, untuk tipe 3 adalah 16 buah, untuk tipe 4 adalah 14 buah, dan untuk tipe 5 adalah 20 buah.

### 9.3.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Untuk menentukan jumlah tiang yang diperlukan dalam menahan beban reaksi kolom dapat dihitung dengan pendekatan jumlah tiang perlu adalah beban aksial dasar kolom dibagi dengan daya dukung izin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1,2 meter. Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :  
Dari spesifikasi bahan tiang pancang didesain :

$$\bar{P}_{1\text{tiang}} = 229,5 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{1\text{tiang}} = 217,95 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 217,95 ton.

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi ( $\eta$ ) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi / S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{18,43}{90} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0,795$$

Dimana :

$\emptyset$  = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$QL(\text{group}) = QL(1\text{tiang}) \times C_e = 217,95 \times 0,795 = 1732,71 \text{ kN}$$

### 9.3.4 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok 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 dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} (1 \text{ tiang})$$

Perhitungan jarak tiang

$2D \leq S \leq 3D$  dengan  $S$  = jarak antar tiang  
 $120 \leq S \leq 180$  dipakai  $S = 180$  cm  
 $1D \leq S \leq 2D$  dengan  $S$  = jarak tepi  
 $60 \leq S \leq 120$  dipakai  $S = 90$  cm

$$P = 2540,2 \text{ kN}$$

$$N = 4 \text{ tiang}$$

$$M_x = 82,48 \text{ kNm}$$

$$M_y = 197,02 \text{ kNm}$$

$$X_{\max} = 0,9 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 0,9 \text{ m}$$

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{2540,2}{4} \pm \frac{197,02 \times 0,9}{1,8^2} \pm \frac{82,48 \times 0,9}{1,8^2}$$

$$P_{\max} = 712,69 \text{ kN} \leq 1732,71 \text{ kN (1 tiang)} \dots \text{OK}$$

Tabel 9.13 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 1

Kombinasi	Px	Mx	My	n	P/n	$\frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2}$	$\frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2}$	Pmax	Pizin	Pizin >
	kN	kNm	kNm		kN				kN	Pmax
1D+1L	2300,6562	22.04	22.873	4	575,164	6,35	6,12	587.6398278	1733.05269	ok
D	2037,2026	17.95	18.883	4	509.301	5.25	4.99	519.5319833	1733.05269	ok
D+0.75L	2234,7928	21.02	21.876	4	558.698	6.08	5.84	570.6128667	1733.05269	ok
D+0.7EX Max	2342,6122	10.27	193.03	4	585.653	53.62	2.85	642.1233278	1733.05269	ok
D+0.7EY Max	2240,4463	75.3	71.215	4	560.112	19.78	20.92	600.8104639	1733.05269	ok
D+0.7EX+L Max	2606,0658	6.178	197.02	4	651.516	54.73	1.72	707.9589778	1733.05269	ok
D+0.7EY+L Max	2503,9	71.21	75.205	4	625.975	20.89	19.78	666.6461389	1733.05269	ok
0.6D+0.7EX Max	1527,7311	17.45	185.47	4	381.933	51.52	4.85	438.2993583	1733.05269	ok
0.6D+0.7EY Max	1425,5653	82.48	63.662	4	356.391	17.684	22.91133	396.9865194	1733.05269	ok

Tabel 9.14 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 2

Kombinasi	Px	Mx	My	n	P/n	$\frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2}$	$\frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2}$	Pmax	Pizin	Pizin >
	kN	kNm	kNm		kN				kN	Pmax
1D+1L	7217,3011	58.96	13.519	14	515.522	3.76	16.38	398.5052218	1621.44536	ok
D	6406,599	47.13	10.012	14	457.614	2.78	13.09	352.2542687	1621.44536	ok
D+0.75L	7014,6256	56	12.642	14	501.045	3.51	15.56	386.9424745	1621.44536	ok
D+0.7EX Max	11697,25	8.484	656.42	14	835.518	182.34	2.36	758.9964787	1621.44536	ok
D+0.7EY Max	8041,4655	137.8	190.32	14	574.39	52.87	38.29	495.1363857	1621.44536	ok
D+0.7EX+L Max	8852,1676	126	186.81	14	632.298	51.89	35.00	535.0467205	1621.44536	ok
D+0.7EY+L Max	12507,9519	3.351	652.91	14	893.425	181.36	0.93	800.2916413	1621.44536	ok
0.6D+0.7EX Max	9134,6104	27.33	660.42	14	652.472	183.45	7.59	627.5412366	1621.44536	ok
0.6D+0.7EY Max	5478,826	156.7	194.32	14	391.345	53.979	43.52225	363.6811077	1621.44536	ok

Tabel 9.15 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 3

Kombinasi	Px	Mx	My	n	P/n	$M_x \times x_{max}$	$M_y \times y_{max}$	Pmax	Pizin >	
	kN	kNm	kNm		kN	$\frac{M_x}{E \cdot x^2}$	$\frac{M_y}{E \cdot y^2}$		kN	Pmax
ID+IL	11630,945	0,285	11,547	16	726,934	3,21	0,08	505,8611099	1509,83803	ok
D	9937,3137	1,869	8,9357	16	621,082	2,48	0,52	432,3342196	1509,83803	ok
D+0,75L	11207,5372	0,253	10,894	16	700,471	3,03	0,07	487,3970569	1509,83803	ok
D+0,7EX Max	10076,2487	110,8	693,98	16	629,766	192,77	30,77	591,1290477	1509,83803	ok
D+0,7EY Max	10143,0265	373,1	202,18	16	633,939	56,16	103,64	549,8666526	1509,83803	ok
D+0,7EX+L Max	11769,8802	112,9	691,37	16	735,618	192,05	31,37	664,3699753	1509,83803	ok
D+0,7EY+L Max	11836,6579	375,3	199,56	16	739,791	55,43	104,24	623,1075566	1509,83803	ok
0,6D+0,7EX Max	6101,3234	111,5	697,55	16	381,333	193,77	30,98	419,8586393	1509,83803	ok
0,6D+0,7EY Max	5823,453	113,8	708,28	16	363,966	196,74	31,59961	410,3225698	1509,83803	ok

Tabel 9.16 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 4

Kombinasi	Px	Mx	My	n	P/n	$M_x \times x_{max}$	$M_y \times y_{max}$	Pmax	Pizin >	
	kN	kNm	kNm		kN	$\frac{M_x}{E \cdot x^2}$	$\frac{M_y}{E \cdot y^2}$		kN	Pmax
ID+IL	17376,0128	23,75	4,5301	14	1241,14	1,26	6,60	865,2463113	1573,61365	ok
D	15679,8128	16,58	3,5753	14	1119,99	0,99	4,61	779,7500386	1573,61365	ok
D+0,75L	16951,9628	21,96	4,2913	14	1210,85	1,19	6,10	843,8722479	1573,61365	ok
D+0,7EX Max	18157,355	412,6	849,92	14	1296,95	236,09	114,60	1141,4087	1573,61365	ok
D+0,7EY Max	22074,8389	1325	282,81	14	1576,77	78,56	367,98	1401,652681	1573,61365	ok
D+0,7EX+L Max	19853,5551	419,7	850,88	14	1418,11	236,36	116,60	1226,904996	1573,61365	ok
D+0,7EY+L Max	23771,0389	1332	283,77	14	1697,93	78,82	369,97	1487,148954	1573,61365	ok
0,6D+0,7EX Max	11885,4298	405,9	848,49	14	848,959	235,69	112,76	829,5086995	1573,61365	ok
0,6D+0,7EY Max	15802,9138	1318	281,38	14	1128,78	78,162	366,1384	1089,752705	1573,61365	ok

Tabel 9.17 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 5

Kombinasi	Px	Mx	My	n	P/n	$M_x \times x_{max}$	$M_y \times y_{max}$	Pmax	Pizin >	
	kN	kNm	kNm		kN	$\frac{M_x}{E \cdot x^2}$	$\frac{M_y}{E \cdot y^2}$		kN	Pmax
ID+IL	21420,4062	1,182	14,788	20	1071,02	4,11	0,33	745,0233146	1554,48096	ok
D	19008,7929	0,863	13,5	20	950,44	3,75	0,24	661,1817775	1554,48096	ok
D+0,75L	20817,5028	1,102	14,466	20	1040,88	4,02	0,31	724,0629229	1554,48096	ok
D+0,7EX Max	24558,1037	420,2	469,08	20	1227,91	130,30	116,72	1021,754679	1554,48096	ok
D+0,7EY Max	31872,7518	1401	202,34	20	1593,64	56,20	389,16	1412,5173	1554,48096	ok
D+0,7EX+L Max	22146,4905	420,5	467,8	20	1107,32	129,94	116,81	938,035955	1554,48096	ok
D+0,7EY+L Max	31872,7518	1401	202,34	20	1593,64	56,20	389,16	1412,5173	1554,48096	ok
0,6D+0,7EX Max	14542,9733	420,8	462,4	20	727,149	128,44	116,90	673,6960853	1554,48096	ok
0,6D+0,7EY Max	21857,6213	1402	195,65	20	1092,88	54,347	389,3399	1064,458684	1554,48096	ok

### 9.3.5 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang

#### Kontrol terhadap gaya aksial

Untuk tiang pancang diameter 60 cm kelas A1 pada produk dari PT. Waskita Beton Precast, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 229,50 ton.

$$P_{max} = 173,27 \text{ ton} < P_{ijin} = 229,50 \text{ ton}$$

#### Kontrol terhadap momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku "Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)" :

$$M_{max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana:

H = Lateral Load

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

d = diameter pondasi

digunakan  $C_u = 6,5 \text{ N (kPa)} = 6,5 \times 49 = 318,5 \text{ kPa}$

sehingga  $C_u = 3,2 \text{ kg/cm}^2$

$$f = \frac{H}{9 C_u d} = \frac{3708,9}{9 \times 3,2 \times 60} = 2,16 \text{ cm}$$

$$M_{max} = H (e + 1,5d + 0,5f) = 3708,9 (0 + 1,5 \times 60 + 0,5 \times 2,16) = 337805 \text{ kgcm} = 3,38 \text{ tm}$$

Untuk diameter 600 mm kelas C pada brosur, momen tidak diperkenankan melebihi  $M_{crack} = 17 \text{ tm}$ .

Cek kekuatan momen tiang :

$$M_{crack} = 3,38 \text{ tm} > M = 17 \text{ tm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Tabel 9.18 Rekapitulasi kontrol tiang pancang terhadap momen

Kombinasi	Hx kN	Hv kN	H kg	e	D cm	f cm	Mmax tm	Mizin tm
1D+1L	13,8965	12,4761	1389,65	0	60	0,81	1,2563	17
D	11,2455	10,0557	1124,55	0	60	0,65	1,01577	17
D+0,75L	13,2337	11,871	1323,37	0	60	0,77	1,19612	17
D+0,7EY Max	34,4385	14,04	3443,85	0	60	2	3,13394	17
D+0,7EX Max	18,2158	23,12	2312	0	60	1,34	2,09634	17
D+0,7EX+L Max	37,0895	16,4603	3708,95	0	60	2,16	3,37805	17
D+0,7EY+L Max	20,8669	25,5403	2554,03	0	60	1,48	2,31759	17
0,6D+0,7EX Max	29,9403	10,0177	2994,03	0	60	1,74	2,72069	17
0,6D+0,7EY Max	13,7176	19,0977	1909,77	0	60	1,11	1,7294	17

Kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

- Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

- $\delta$  = defleksi yang terjadi  
 $Fd$  = koefisien defleksi  
 $P$  = Gaya lateral 1 tiang  
 $T$  = *Relative stiffness Factor*

Pondasi Tiang Pancang Tipe 1

Jumlah tiang = 4

Hmax = 3,708 t

Hmax 1 tiang = 0,93 t

$Cu = 3,2 \text{ kg/cm}^2$

$$Qu = 2 \times Cu = 2 \times \frac{3,2}{0,977} = 6,52 \frac{t}{ft^3}$$

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan  $f = 8 \text{ t/ft}^3 = 0,256 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{50} = 33234,019 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (60 - 40)^4 = 7850 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{338921,82 \times 7857,143}{0,256}\right)^{\frac{1}{5}} = 100,37 \text{ cm}$$

$Fd$ (deflection coefficient)

$L = 30 \text{ m} = 3000 \text{ cm}$  (kedalaman tiang pancang)

$T = 100,37 \text{ cm}$

$L/T = 29,88$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan  $Fd = 0,99$

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,99 \left(\frac{2,12 \times 1000 \times 100,37^3}{33234,019 \times 7850}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,81 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Momen :

$$M_{\text{crack}} = 17 \text{ tm}$$

$$L/T = 29,88$$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan  $F_m = 1,1$

$$M = F_m(PT) \leq M_{\text{banding crack}}$$

$$M = 1,1 \times (2,12 \times 1,003) \leq 17 \text{ tm}$$

$$M = 2,34 \text{ tm} \leq 17 \text{ tm} \quad (\text{OK})$$

### 9.3.6 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer.

$$P_u = 153,67 \text{ ton}$$

$$P_{\text{max}} (1 \text{ tiang}) = 71,3 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah tiang pancang} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Dimensi poer} = 3,6 \times 3,6 \times 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

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

Tinggi efektif (d):

$$d_x = 1200 - 50 - \frac{1}{2} 25 = 1162,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1137,5 \text{ mm}$$

#### 9.3.6.1 Kontrol Geser Pondasi Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds

pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$  untuk kolom sudut,

$\alpha_s = 30$  untuk kolom tepi,

$\alpha_s = 40$  untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek =  $1100/1100 = 1$

$b_o$  = Keliling penampang kritis :

$b_o = 2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$

$b_o = 2 (1000 + 1162,5) + 2 (1000 + 1162,5) = 8650$  mm

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1 \sqrt{30} \times 8650 \times 1162,5 = 32434651 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{30 \times 1162,5}{9050} + 2 \right) 1 \sqrt{40} \times 8650 \times 1162,5$$

$$V_{c2} = 31839299 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8650 \times 1162,5 = 21177919 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 21177919 \text{ N} = 1588,35 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1588,35 \geq 153,7 \text{ ton (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

### 9.3.6.2 Kontrol Geser Pondasi Akibat Tiang pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek =  $1100/1100 = 1$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 1162,5)) = 1383,56 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{40} \times 1383,56 \times 1162,5 = 5187903 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{30 \times 1162,5}{1383,56} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 1383,56 \times 1162,5$$

$$V_{c2} = 22970750 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times 1\sqrt{40} \times 1383,56 \times 1162,5 = 3387396 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{pile}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 3387396 \text{ N} = 254,05 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 254,05 \geq 71,27 \text{ (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

### 9.3.7 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$d_x = 1200 - 50 - \frac{1}{2} 25 = 1162,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1137,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0,764 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0364$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0,0364 = 0.0272$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.00376$$

$\rho_{min}$  dipakai 0.0033

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12,35$$

Penulangan poer arah X

$$P_{max} = 71,27 \text{ ton}$$

$$q = 3,6 \times 1,2 \times 2,4 = 10.368 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 10.368 \text{ ton/m} \times 1,8 = 18,6624 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \cdot P_{\max} \cdot a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 \\ &= (2 \times 71,27 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 18,6624 \times (1,8)^2) \\ &= 98,06 \text{ t.m} \\ &= 980507320 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{980507320}{0,9 \cdot 3600 \cdot 1162,5^2} = 0,24$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR}{fy}} \right) = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,24}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0005$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0033$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 1162,5 = 3875 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 3600}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \pi x 25^2 x 1000}{3875} = 126,61 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$As = \frac{1}{2} \times 0,0033 \times 1000 \times 1162,5 = 1937,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ( $As = 379,94 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \pi x 22^2 x 1000}{379,94} = 196,09 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-100 mm.

Penulangan poer arah Y

$$P_{\max} = 71,27 \text{ ton}$$

$$q = 3,6 \times 1,2 \times 2,4 = 10.368 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 10.368 \text{ ton/m} \times 1,8 = 18,6624 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \cdot P_{\max} \cdot a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 \\ &= (2 \times 71,27 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 18,6624 \times (1,8)^2) \\ &= 98,06 \text{ t.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 980507320 \text{ N.mm} \\
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{980507320}{0,9.3600.1137,5^2} = 0,24 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,24}{420}} \right) = \\
 \rho &= 0.0005 \\
 \rho \text{ pakai} &= 0.0033 \\
 A_{\text{Sperlu}} &= \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 1137,5 = 3791,66 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{A_{\text{Sperlu}}} = \frac{0,25 \pi x 25^2 x 1000}{3791,66} = 129,39 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$A_s = \frac{1}{2} \times 0,0033 \times 1000 \times 1137,5 = 1895,83 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 379,94 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{A_{\text{Sperlu}}} = \frac{0,25 \pi x 22^2 x 1000}{1895,83} = 200,40 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-100 mm.

Tabel 9.19 Rekapitulasi Tulangan Poer

Pilecap Tipe 1		
Dimensi	3,6 x 3,6 x 1,2	
Jumlah Tiang Pancang	4	
Tulangan sisi panjang	atas	D22-100
	bawah	D25-100
Tulangan sisi pendek	atas	D22-100
	bawah	D25-100
Pilecap Tipe 2		
Dimensi	7,2 x 3,6 x 1,2	
Jumlah Tiang Pancang	8	
Tulangan sisi panjang	atas	D22-100
	bawah	D25-100
Tulangan sisi pendek	atas	D22-100
	bawah	D25-100
Pilecap Tipe 3		
Dimensi	7,2 x 7,2 x 1,2	
Jumlah Tiang Pancang	16	
Tulangan sisi panjang	atas	D22-100
	bawah	D25-100
Tulangan sisi pendek	atas	D22-100
	bawah	D25-100
Pilecap Tipe 4		
Dimensi	12,6 x 3,6 x 1,2	
Jumlah Tiang Pancang	14	
Tulangan sisi panjang	atas	D22-80
	bawah	D25-80
Tulangan sisi pendek	atas	D22-80
	bawah	D25-80
Pilecap Tipe 5		
Dimensi	18,2 x 3,6 x 1,2	
Jumlah Tiang Pancang	20	
Tulangan sisi panjang	atas	D22-80
	bawah	D25-80
Tulangan sisi pendek	atas	D22-80
	bawah	D25-80

#### 9.4 Perencanaan Sloof

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain

balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof	= 650 × 850 mm
Mutu beton ( $f_c$ )	= 30 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 420 Mpa
Tulangan utama	= D25
Tulangan sengkang	= Ø10
Selimut beton	= 50 mm
Bentang	= 10 m
Gaya aksial kolom	= 5634,88 kN
$P_U$ sloof	= 10% x 5634,88 = 563,488 kN = 563488 N

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20.

$$\frac{l}{20} = \frac{650}{20} = 325 \text{ mm} \leq 650 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 650 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

#### 9.4.1 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_d = 0,65 \times 0,85 \times 2400 = 1326 \text{ kg/m}$$

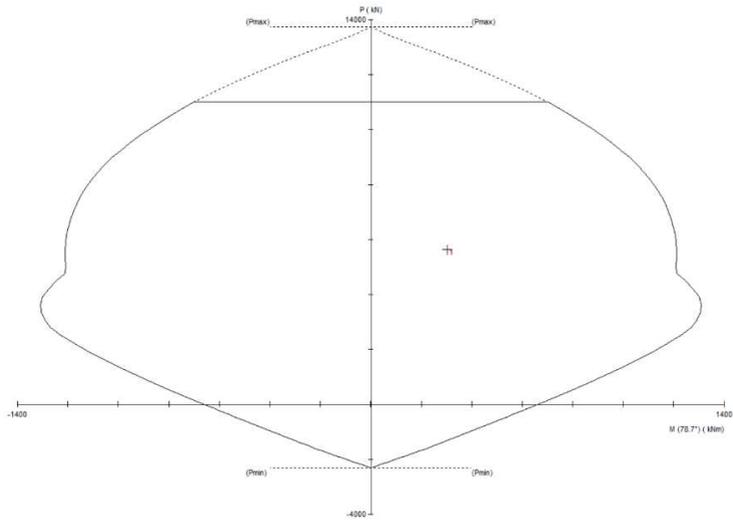
$$q_u = 1,2 \times 1326 = 1591,2 \text{ kg/m}$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

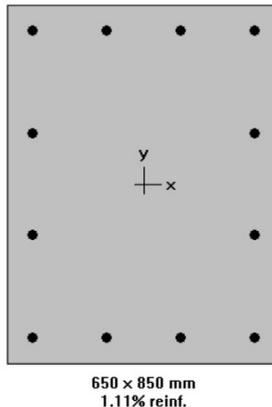
$$= \frac{1}{12} \times 1591,2 \times 6,5^2$$

$$= 5602,35 \text{ kgm} = 56,0235 \text{ kNm}$$

$$P_u \text{ Sloof} = 563488 \text{ N}$$



Gambar 9. 2 Hasil Analisa sloof pada spColumn



Gambar 9.3 Penulangan longitudinal pada sloof

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 0,0066$$

Dipasang tulangan = 12 D25 ( $A_s = 5892 \text{ mm}^2$ )

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \text{ x selimut beton (c = 50 mm)} \quad = 2 \text{ x } 40 = 80\text{mm}$$

$$2 \text{ x sengkang (}\varnothing = 13 \text{ mm)} \quad = 2 \text{ x } 13 = 26\text{mm}$$

$$3 \text{ x D25} \quad = 3 \text{ x } 25 = 75\text{mm}$$

$$2 \text{ kali jarak antara 25 mm} \quad = \underline{2 \text{ x } 25 = 50 \text{ mm}}$$

$$\text{Total} \quad = 231 \text{ mm}$$

Total lebar < Lebar balok 650 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

#### 9.4.2 Penulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 650 \times 850 = 552500 \text{ mm}^2$$

$$d = 850 - 40 - 10 - 25/2 = 787,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{563488}{14 \times 552500} \right) 1 \sqrt{40} \times 650 \times 787,5$$

$$V_c = 504849,53 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 504849,53 = 378637,15 \text{ N} = 37863,72 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \times 1591,2 \times 6,5 = 5171,4 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$37863,72 \text{ kg} > 5171,4 \text{ kg} \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

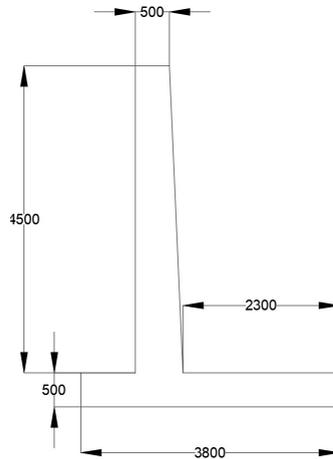
- $\frac{d}{2} = \frac{787,5}{2} = 383,75 \text{ mm}$

- $s = 300 \text{ mm}$

Dipasang sengkang 2Ø10 – 250 mm.

#### 9.5 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Gambar 9.4 Denah Dinding Penahan Tanah



Gambar 9.5 Potongan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah diperlukan untuk menahan gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan.

Tabel 9.20 Data Tanah

Data Tanah				
Kedalaman	Nspt	c (Kn/m <sup>2</sup> )	γ (kn/m <sup>3</sup> )	Ø
0-1	2	10	16	25
1-1,5	2	10	16	25
1,5-3	3	10	17,25	25
3-5	3	10	17,25	25

- Tekanan aktif tanah

$$\sigma v'(0) = \gamma' x h = 0$$

$$\sigma v'(-1,5) = \gamma' x h = 17 \times 1,5 = 24 \text{ kN/m}'$$

$$Ka = \tan^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left( 45 - \frac{25}{2} \right) = 0,333$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' x Ka) - (2xc' x \sqrt{Ka})$$

$$\sigma h'(0) = 0 - (2 \times 10 \times \sqrt{0,333}) = -3,55 \text{ kN/m'}$$

$$\sigma h'(-1,5) = (\sigma v' x K a) - (2 x c' x \sqrt{K a})$$

$$\sigma h'(-1,5) = (24 \times 0,333) - (2 \times 10 \times \sqrt{0,281}) = 6,75 \text{ kN/m'}$$

- Tekanan Pasif tanah

$$\sigma v'(0) = \gamma' x h = 0$$

$$\sigma v'(-0,5) = \gamma' x h = 17,25 \times 0,5 = 8,625 \text{ kN/m'}$$

$$K p = \tan^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left( 45 + \frac{25}{2} \right) = 1,58$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' x K a) + (2 x c' x \sqrt{K p})$$

$$\sigma h'(0) = 0 + (2 \times 10 \times \sqrt{1,58}) = 25 \text{ kN/m'}$$

$$\sigma h'(-0,5) = (\sigma v' x K p) + (2 x c' x \sqrt{K p})$$

$$\sigma h'(-0,5) = (8,63 \times 1,58) + (2 \times 10 \times \sqrt{1,58}) = 38,8 \text{ kN/m'}$$

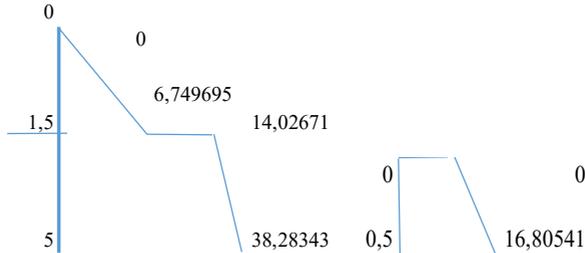
Tabel 9.21 Rekapitulasi Tekanan Tanah Aktif

Lapisan		Z	soil	C (Kn/m2)	Ø	γ (kn/m3)	σ'V	Ka	σH (kN/m)
1	atas	0	1	10	25	16	0	0,33333511	0
	bawah	1,5	1	10	25	16	24	0,33333511	-3,55
2	atas	1,5	2	10	25	17,25	49,875	0,33333511	5,08
	bawah	5	2	10	25	17,25	136,125	0,33333511	33,83

Tabel 9.22 Rekapitulasi Tekanan Tanah Pasif

Lapisan		Z	soil	C (Kn/m2)	Ø	γ (kn/m3)	σ'V	Kp	σH (kN/m)
1	atas	0	1	10	25	16	0	1,58214609	25
2	bawah	0,5	1	10	25	17,25	8,625	1,58214609	38,80

Dinding penahan tanah direncanakan dengan dimensi seperti pada gambar dan harus mampu menahan gaya geser dan guling



Gambar 9.6 Tegangan Tanah dan Air

- Kontrol Guling
- Akibat tekanan tanah

$$Pa = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times 6,75 \times 1,5 = 5,06 \text{ kN}$$

$$Mo = \frac{1}{3} \times x \times Pa = \frac{1}{3} \times 4 \times 6,75 = 20,25 \text{ kNm}$$

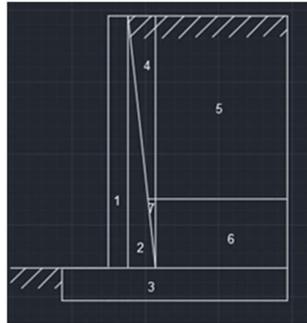
Tabel 9.23 Momen yang terjadi akibat tekanan tanah aktif

Pactive	Luas		Koefisien	Pa	x	Momen (knm)
	P	L				
1	-3,54699354	1,5	0,5	-2,660245	4	-10,641
2(kotak)	5,07805232	3,5	1	17,77318	2,5	44,43296
3	28,7501529	3,5	0,5	50,31277	2,333333333	117,3965
3 (air)	35	3,5	0,5	61,25	2,333333333	142,9167
			Total	126,6757	Total	294,1051

Tabel 9.24 Momen yang terjadi akibat tekanan tanah pasif

Ppasive	Luas		Koefisien	Pa	x	Momen (knm)
	P	L				
1	25,1566778	0,5	1	12,57834	0,25	3,144585
2	13,6460101	0,5	0,5	3,411503	0,166666667	0,568584
3 (air)	5	0,5	0,5	1,25	0,166666667	0,208333
			Total	17,23984	Total	3,921502

## Akibat Berat Penahan Tanah dan Tanah



Gambar 9.7 Konstruksi Dinding Penahan Tanah

$$FS_{guling} = \frac{Mr}{Mo} = \frac{3,9 + 571,1}{294,11} = 1,955$$

$$FS_{guling} = 1,955 \geq 1,5 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Geser

Tabel 9.25 Rekapitulasi Gaya yang Terjadi pada Konstruksi Dinding Penahan Tanah

No	Dimensi			Massa kN/m <sup>3</sup>	W kN/m	Jarak m	Momen (kN/m)/m
	X	Y	Z				
1	0,4	4,5	1	24	43,2	1	43,2
2	0,5	4,5	1	24	27	1,366667	36,9
3	4,2	0,5	1	24	50,4	2,1	105,84
4	0,5	1,5	1	16	6	1,533333	9,2
5	2,5	3,5	1	16	140	2,05	287
6	2,5	1	1	17,25	43,125	2,05	88,40625
7	0,052	1	1	17,25	0,4485	1,234667	0,553748
				W	310,1735	momen	571,1

$$FS_{geser} = \frac{(W_{beton}) \tan 25^\circ}{Pa - Pp} = \frac{310,17 \tan 25^\circ}{310,17 - 126,7} = 1,82$$

$$FS_{geser} = 1,82 \geq 1,5 \text{ (OK)}$$

- Penulangan dinding penahan tanah

Penulangan dinding penahan tanah pada badan retaining wall

$$Mu = 1,4 \times Mo = 1,4 \times 245,35 = 343,49 \text{ kNm} = 343487061,5 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 1100 \text{ mm}$$

Selimut beton = 40 mm  
 Mutu beton = 40 Mpa  
 Mutu tulangan = 420 Mpa  
 Diameter tulangan = 25 mm

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.765$$

$$\rho_b = \frac{0.765 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.765 \times 0.765 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0364$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0364 = 0.0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.0038$$

$\rho_{min}$  dipakai 0.0038

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 16,47$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 1100 - 40 - (0,5 \times 22) = 1049 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{343487061,5}{0,9 \cdot 1000 \cdot 1049^2} = 0,35$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,35}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0008$$

$\rho$  pakai = 0,0038

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,00333 \times 1000 \times 1049 = 3943 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3943} = 124,4 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100.

- Penulangan di toe dan heel

$$Mu = 1,4 \times Mo = 1,4 \times 245,35 = 343,49 \text{ kNm} = 343487061,5 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,765$$

$$\rho_b = \frac{0,765 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,765 \times 0,765 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0364$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0364 = 0,028$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

$\rho_{min}$  dipakai 0,0033

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 500 - 40 - (0,5 \times 16) = 452 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{343487061,5}{0,9 \cdot 1000 \cdot 452^2} = 1,87$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,87}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0046$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0046$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho b d = 0,0056 \times 1000 \times 452 = 2072,3 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi x \emptyset^2 x 1000}{A_{\text{Sperlu}}} = \frac{0,25 \pi x 19^2 x 1000}{2072,3} = 136,75 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D19-125.







## BAB 10

### METODE PEKERJAAN

#### 10.1 Umum

#### 10.2 Fabrikasi Beton Pracetak

Proses pencetakan elemen pracetak dilakukan secara pabrikasi di dalam industri beton pracetak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah :

- a. Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
- c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik.

#### 10.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane

Elemen struktur pracetak

##### 1. Balok induk 40/50 (8 m)

$$W = 0,4 \times (0,5 - 0,14) \times 6,5 \times 2400 = 2376 \text{ kg}$$

##### 2. Pelat

Ukuran Pelat  $2,8 \times 2,55 \text{ m}$  ( $t = 14 \text{ cm}$ )

$$W = 2,8 \times 2,55 \times 0,14 \times 2400 = 2399,04 \text{ kg}$$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu pelat  $2,8 \times 2,55 \text{ m}$  sebesar  $2399,04 \text{ kg} = 2,75 \text{ ton}$ . Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan

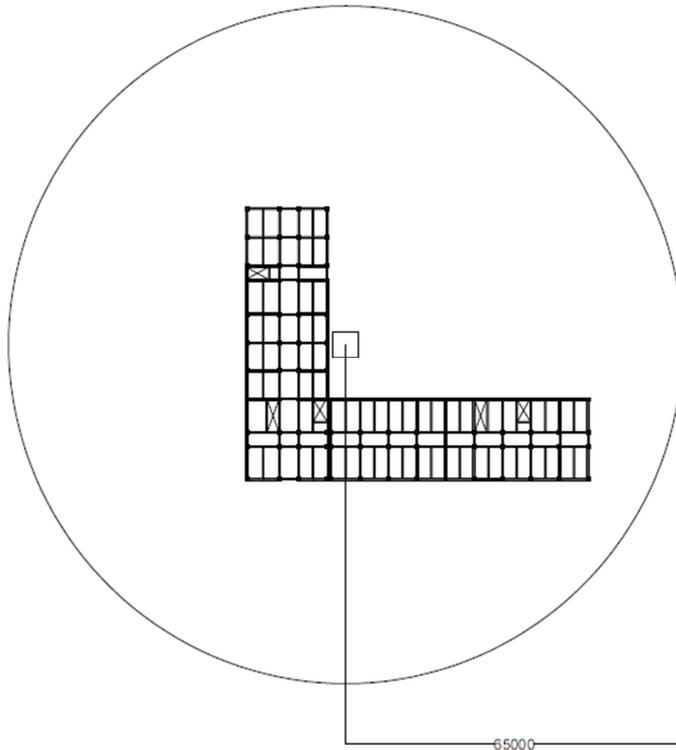
### 3. Letak titik – titik angkat pada elemen pracetak

Hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.

- Jenis crane MDT 249 J10
- Jarak jangkauan maksimum 65 m dengan beban maksimum 10 ton dan beban maksimum di tepi 2,75 ton.
- Tower crane yang digunakan 1 buah

Tabel 10.1 Brosur Manitowoc Crane Group

Model	Max Capacity	Maximum Radius	Maximum Tip Capacity	Hook Height per Base
<b>MDT 249 J10</b>	<b>10 t</b> (11 USt)	<b>65 m</b> (213.3 ft)	<b>2.75 t</b> (3 USt)	<b>53 m</b> (173.9 ft)
<b>MDT 249 J12</b>	<b>12 t</b> (13.2 USt)	<b>65 m</b> (213.3 ft)	<b>2.6 t</b> (2.9 USt)	<b>51.7 m</b> (169.6 ft)
<b>MDT 259 J10</b>	<b>10 t</b> (11 USt)	<b>65 m</b> (213.3 ft)	<b>3.1 t</b> (3.4 USt)	<b>71.2 m</b> (233.6 ft)
<b>MDT 259 J12</b>	<b>12 t</b> (13.2 USt)	<b>65 m</b> (213.3 ft)	<b>2.9 t</b> (3.2 USt)	<b>71.2 m</b> (233.6 ft)
<b>MDT 269 J10</b>	<b>10 t</b> (11 USt)	<b>65 m</b> (213.3 ft)	<b>3.3 t</b> (3.6 USt)	<b>74 m</b> (242.8 ft)
<b>MDT 269 J12</b>	<b>12 t</b> (13.2 USt)	<b>65 m</b> (213.3 ft)	<b>3.1 t</b> (3.4 USt)	<b>74 m</b> (242.8 ft)
<b>MDT 319</b>	<b>12 t</b> (13.2 USt)	<b>70 m</b> (229.7 ft)	<b>3.2 t</b> (3.5 USt)	<b>74 m</b> (242.8 ft)
<b>MDT 349 L12</b>	<b>12 t</b> (13.2 USt)	<b>75 m</b> (246.1 ft)	<b>3.2 t</b> (3.5 USt)	<b>70.9 m</b> (232.6 ft)
<b>MDT 349 L16</b>	<b>16 t</b> (17.6 USt)	<b>75 m</b> (246.1 ft)	<b>3 t</b> (3.3 USt)	<b>70.9 m</b> (232.6 ft)
<b>MDT 389 L12</b>	<b>12 t</b> (13.2 USt)	<b>75 m</b> (246.1 ft)	<b>3.4 t</b> (3.7 USt)	<b>95.7 m</b> (314 ft)
<b>MDT 389 L16</b>	<b>16 t</b> (17.6 USt)	<b>75 m</b> (246.1 ft)	<b>3.3 t</b> (3.6 USt)	<b>95.7 m</b> (314 ft)



Gambar 10.1 Layout Crane

#### 10.4 Transportasi Beton Pracetak

Sistem transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak di areal pabrik
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk komponen

tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat dipergunakan truk temel dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Di areal lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak mempergunakan tower crane.

## 10.5 Metode Pekerjaan Elemen Pracetak

### 10.5.1 Penyambungan Balok Induk Pracetak

Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan *crane* untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulang utama pada balok yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran.

Sambungan pada balok induk ke kolom menggunakan panjang penyaluran tulangan, kemudian dilakukan *overtopping* seperti tampak pada gambar.

### 10.5.2 Pemasangan Balok Anak Pracetak

Sambungan tulangan tumpuan untuk momen positif di tumpuan menggunakan bantuan COPRA ANCHOR & BECO Beam Shoe dari *peikko group*

### 10.5.3 Pemasangan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk.

## BAB 11

### PENUTUP

#### 11.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Desain Modifikasi Struktur Apartemen Tamansari Iswara Bekasi Dengan Sistem Beton Pracetak” maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan SNI 2847 : 2013 didapatkan perhitungan tebal dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Tabel 11.1 Dimensi Struktur Sekunder

Elemen		Dimensi		
Pelat Lantai	Tebal Total	14	cm	
	Tebal Pracetak	7	cm	
	Tebal Overtopping	7	cm	
Balok Anak	Tinggi	40	cm	
	Lebar	30	cm	
	Tinggi Pracetak	26	cm	
	Tinggi Overtopping	14	cm	
Balok Lift	Tinggi	50	cm	
	Lebar	30	cm	
Tangga	Pelat Tangga	Tebal	15	cm
	Pelat Bordes	Tebal	15	cm

Tabel 11.2 Dimensi Struktur Primer

Elemen		Dimensi		
Balok Induk	Tipe 1,4,6	Tinggi	40	cm
		Lebar	50	cm
		Tinggi Pracetak	36	cm
		Tinggi Overtopping	14	cm
	Tipe 2,3,5	Tinggi	25	cm
		Lebar	25	cm
		Tinggi Pracetak	11	cm
		Tinggi Overtopping	14	cm
Kolom	Tipe 1	Sisi 1	100	cm
		Sisi 2	100	cm
	Tipe 2	Sisi 1	90	cm
		Sisi 2	90	cm
	Tipe 3	Sisi 1	80	cm
		Sisi 2	80	cm
	Tipe 4	Sisi 1	70	cm
		Sisi 2	70	cm
Shearwall	SW1	Tebal	40	cm
	SW2	Tebal	40	cm
	SW3	Tebal	40	cm
	SW4	Tebal	40	cm
	SW5	Tebal	40	cm
Basement Wall		Tebal		cm
Pile Cap	Tipe 1	Tinggi	1,2	m
		Ukuran	3,6 x 3,6 x 1,2	m
		Jumlah Pancang	4	buah
	Tipe 2	Tinggi	1,2	m
		Ukuran	7,2 x 3,6 x 1,2	m
		Jumlah Pancang	8	buah
	Tipe 3	Tinggi	1,2	m
		Ukuran	7,2 x 7,2 x 1,2	m
		Jumlah Pancang	16	buah
	Tipe 4	Tinggi	1,2	m
		Ukuran	12,6 x 3,6 x 1,2	
		Jumlah Pancang	14	buah
Tipe 5	Tinggi	1,2	m	
	Ukuran	18,2 x 3,6 x 1,2		
	Jumlah Pancang	20	buah	

2. Analisa gaya dalam struktur gedung menggunakan program bantu ETABS 16.2. Perhitungan respon spectrum dengan bantuan *puskim.pu.go.id* wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726:2012. Perhitungan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati dan beban hidup berdasarkan peraturan di atas.
3. Penyambungan elemen pracetak menggunakan sambungan basah untuk kolom-balok induk dan BECO Beam Shoe untuk balok anak-balok induk. Sambungan bersifat monolit dan dalam analisisnya panjang penyaluran dihitung berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 dan analisa kekuatan gaya aksial maksimum yang dapat dipikul oleh sambungan dibandingkan dengan gaya aksial setelah tulangan mengalami leleh ( $1,25f_y$ ).
4. Pendetailan sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan-tulangan dan penyaluran yang muncul dari masing-masing elemen pracetak untuk menyatukan elemen dengan cor setempat.
5. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali kolom, dinding geser dan balok yang diapit oleh dinding geser untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan.
6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang (*spun pile*) produk dari Waskita Beton Precast dengan metode tanganan ijin dan pile cap (*poer*) berdasarkan metode tegangan ultimate.
7. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung Apartemen Tamansari Iswara akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad.

### 11.2 Saran

Berdasarkan analisa secara keseluruhan dari proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

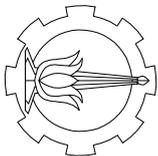
1. Macam komponen pracetak sebaiknya tidak terlalu banyak. Dengan begitu bekisting menjadi lebih hemat, pengerjaan dilapangan menjadi lebih mudah dan cepat.
2. Aspek biaya diperhitungkan agar dapat diketahui kelebihan dan kekurangannya dari segi ekonomi.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI. *ACI 318-M14 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE*. U.S.A : American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG). Jakarta.
- Elliot dan Kim S. 2002. *Precast Concrete Structure*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Ervianto Wulfram I. 2006. *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting*. CV.ANDI OFFSET.
- M. C. Marin dan M. K. El Debs. 2012. *IBRACON Estrut. Mater. vol.5 no.3*. São Paulo
- Nandasari, F. 2013. “MODIFIKASI DESAIN GEDUNG HOLYDAY INN EXPRESS SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR PRACETAK.” 1(1), 1–6.

- Nurjaman, H.N., Sitepu, H. dan Sidjabat, H.R.  
2010, “Sistem Pracetak Beton sebagai Sistem Konstruksi Hijau : Studi Kasus Perbandingan Energi Konstruksi dan Dampak Lingkungan di Pembangunan Rumah Susun di Batam.
- PCI Design Handbook 6th Edition. 2007. “Designing with Precast and Prestressed Concrete”.
- Sudarmoko. 1996. Perencanaan dan Analisis Kolom Beton Bertulang. Biro Penerbit. Yogyakarta.
- Vidjeapriya, K dan Jaya, K.P. 2013. Experimental Study on Two Simple Mechanical *Precast* Beam-Column Connections under Reverse Cyclic Loading.
- Winter, G. dan Wilson, A.H. 1993. Perencanaan Struktur Beton Bertulang. Penerbit Erlangga. Jakarta.

## **LAMPIRAN**



**DOSEN PEMBIMBING**

**Dr. Ir Djoko Irawan, MS.**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK**

**NAMA MAHASISWA**

**MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO**

**NRP**

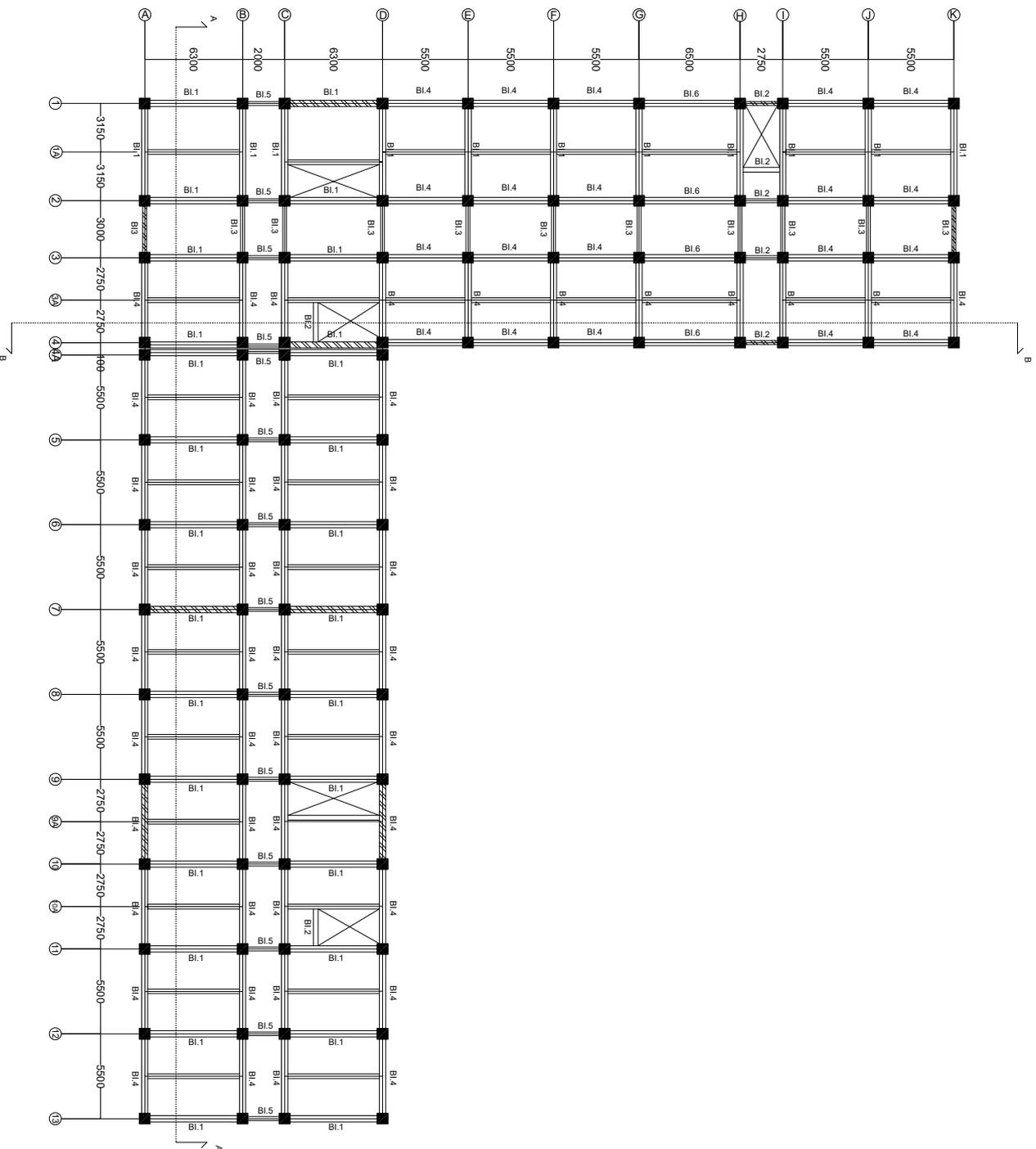
**03111440000133**

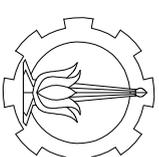
**JUDUL GAMBAR**

**Denah Pembalokan**

<b>NO. GMB</b>	<b>SKALA</b>	<b>KODE GMB</b>
----------------	--------------	-----------------

<b>1</b>	<b>1 :400</b>	<b>STR</b>
----------	---------------	------------





DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

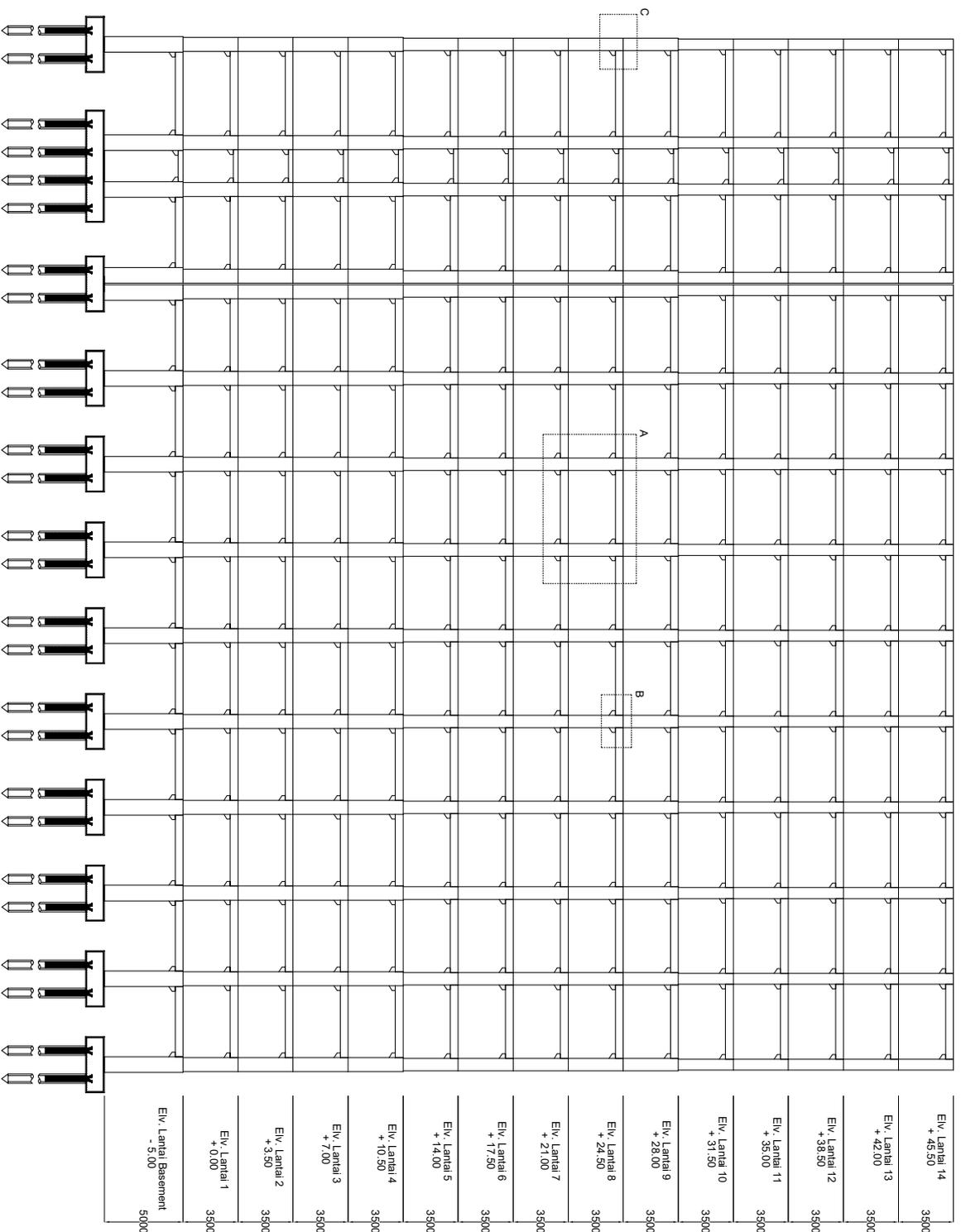
03111440000133

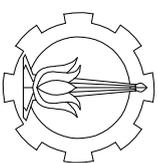
JUDUL GAMBAR

Potongan A-A

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

2	1 :400	STR
---	--------	-----





**DOSEN PEMBIMBING**

**Dr. Ir Djoko Irawan, MS.**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK**

**NAMA MAHASISWA**

**MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO**

**NRP**

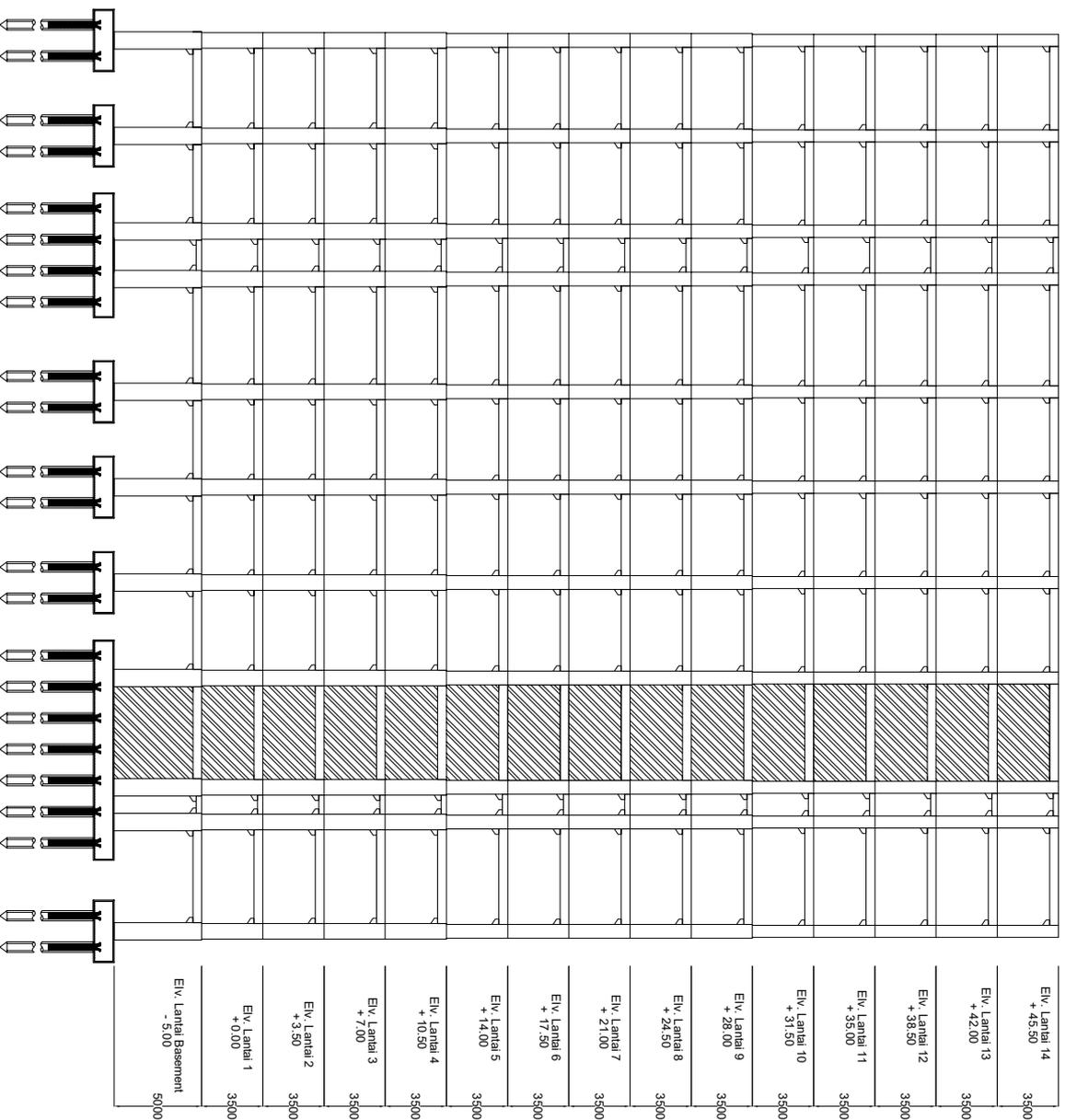
**03111440000133**

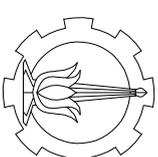
**JUDUL GAMBAR**

**Potongan B-B**

<b>NO. GMB</b>	<b>SKALA</b>	<b>KODE GMB</b>
----------------	--------------	-----------------

<b>3</b>	<b>1 :400</b>	<b>STR</b>
----------	---------------	------------





**DOSEN PEMBIMBING**

**Dr. Ir Djoko Irawan, MS.**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK**

**NAMA MAHASISWA**

**MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO**

**NRP**

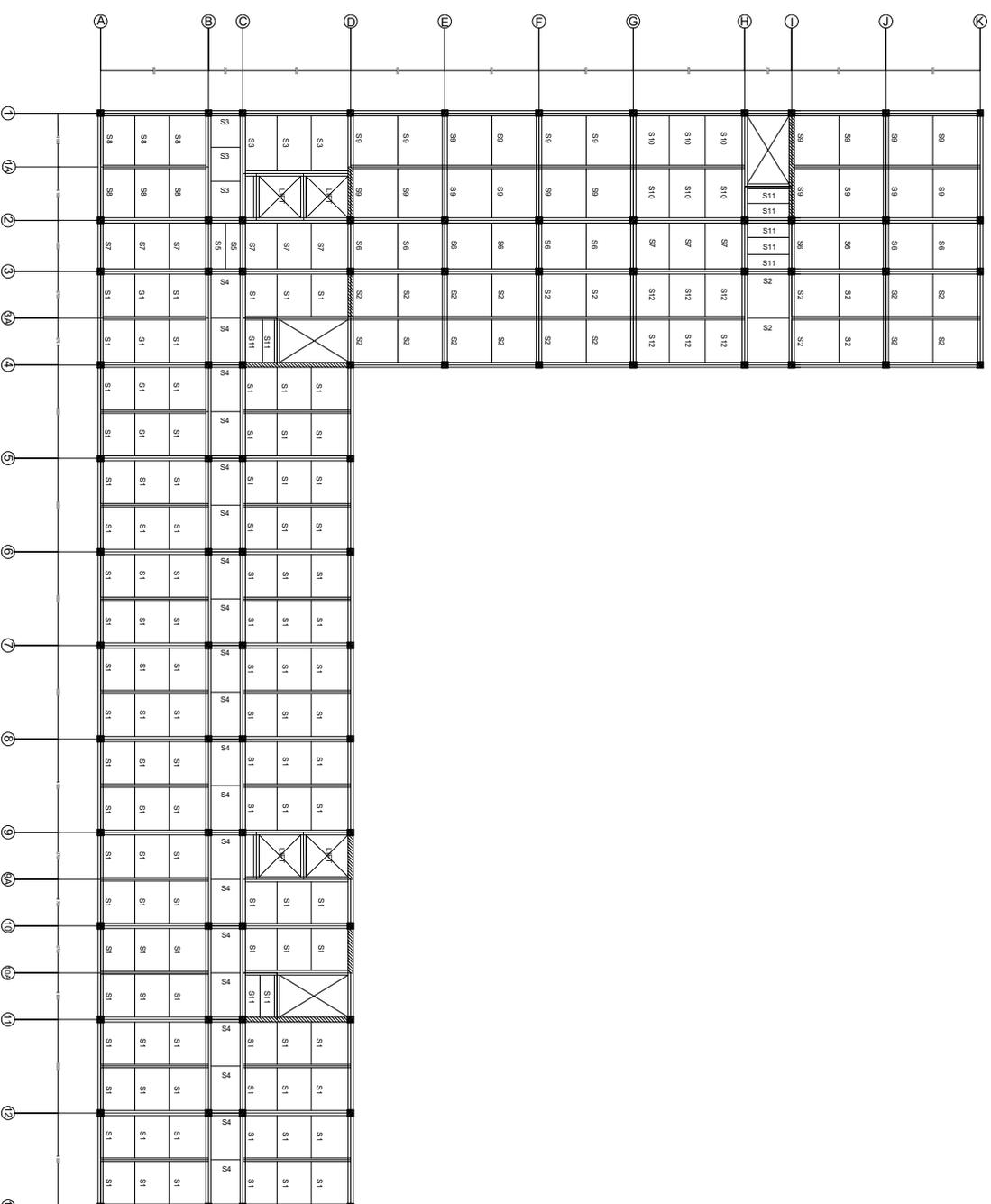
**03111440000133**

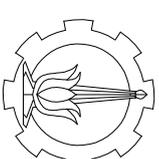
**JUDUL GAMBAR**

**Denah Pelat Pracetak**

<b>NO. GMB</b>	<b>SKALA</b>	<b>KODE GMB</b>
----------------	--------------	-----------------

<b>4</b>	<b>1 :400</b>	<b>STR</b>
----------	---------------	------------





**DOSEN PEMBIMBING**

**Dr. Ir Djoko Irawan, MS.**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK**

**NAMA MAHASISWA**

**MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO**

**NRP**

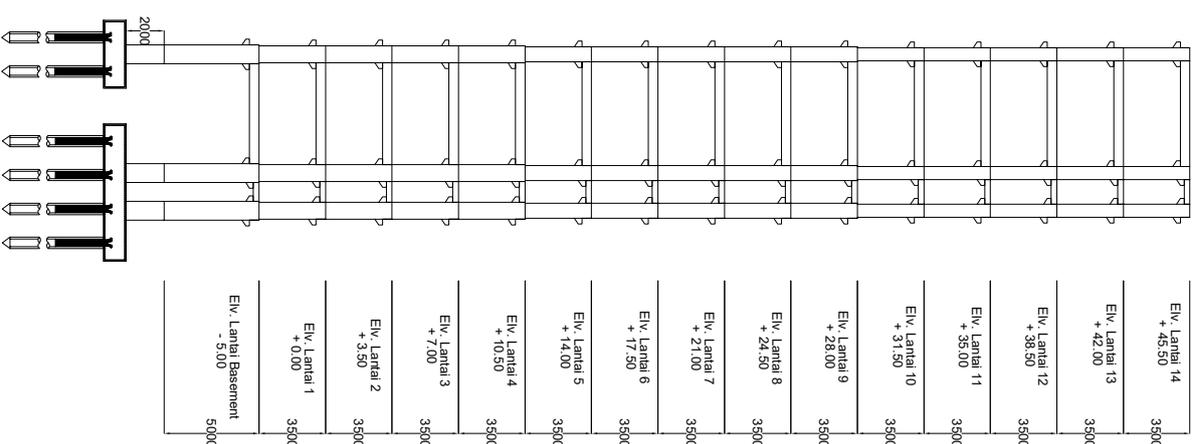
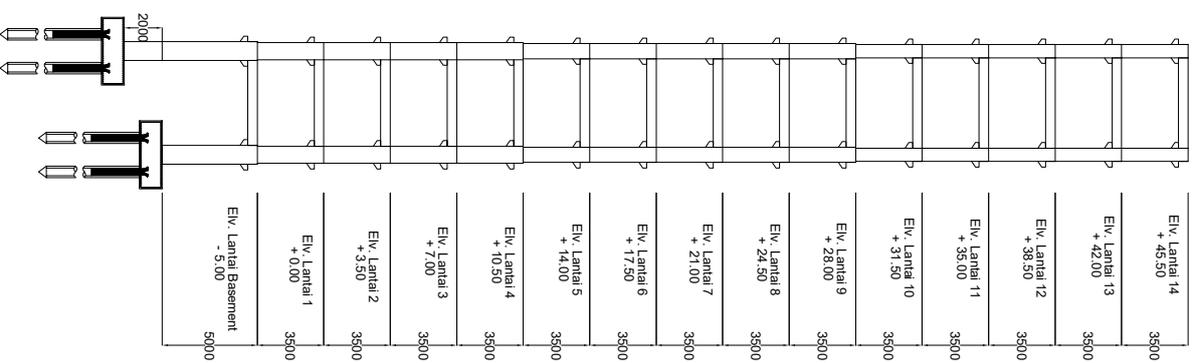
**03111440000133**

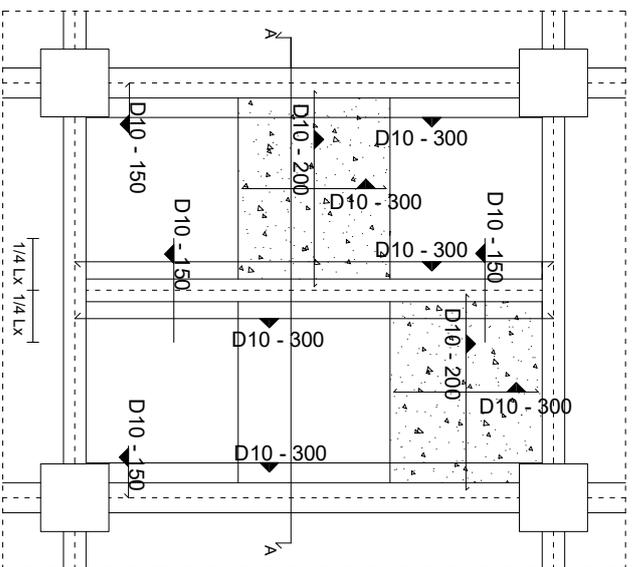
**JUDUL GAMBAR**

**Potongan Portal Lift**

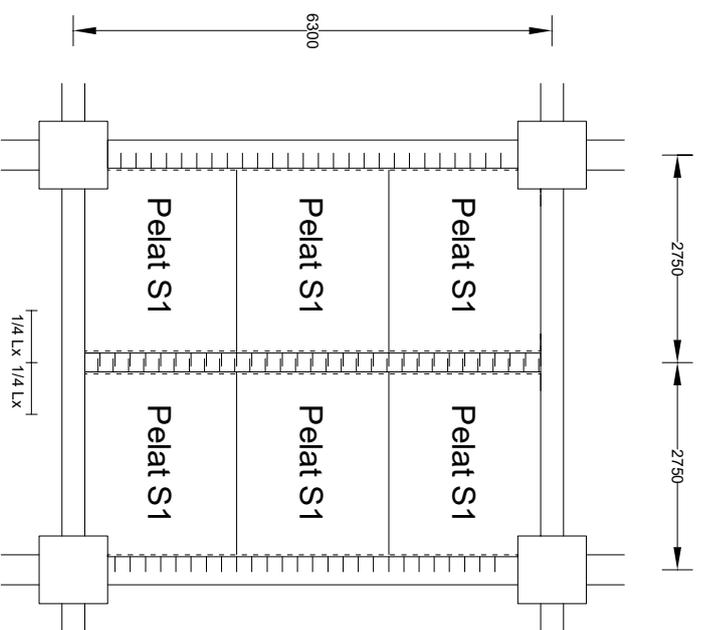
<b>NO. GMB</b>	<b>SKALA</b>	<b>KODE GMB</b>
----------------	--------------	-----------------

<b>5</b>	<b>1 :400</b>	<b>STR</b>
----------	---------------	------------

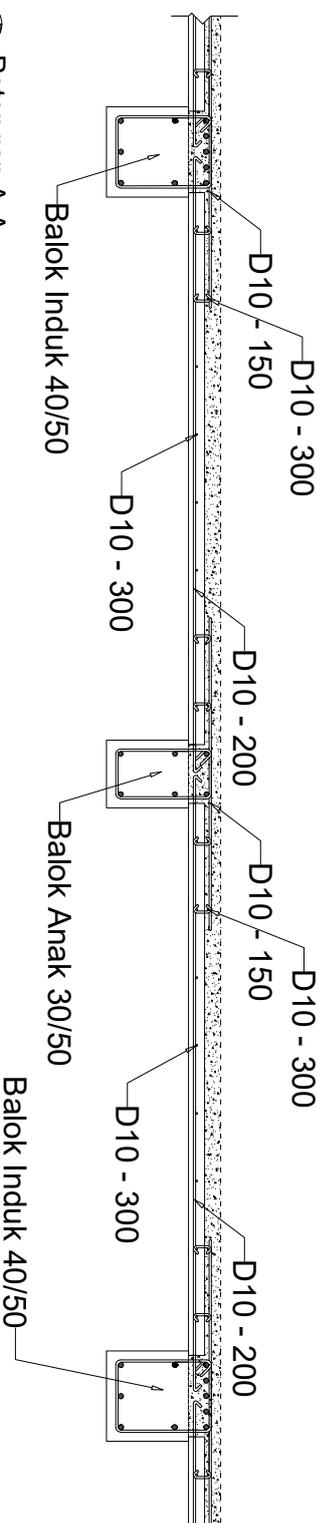




Penulangan Pelat Tipe S1  
Skala 1 : 100



Detail Pelat Tipe S1  
Skala 1 : 100



Potongan A-A  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

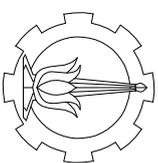
NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

Penulangan Pelat Tipe S1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
6	1 : 100	STR



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

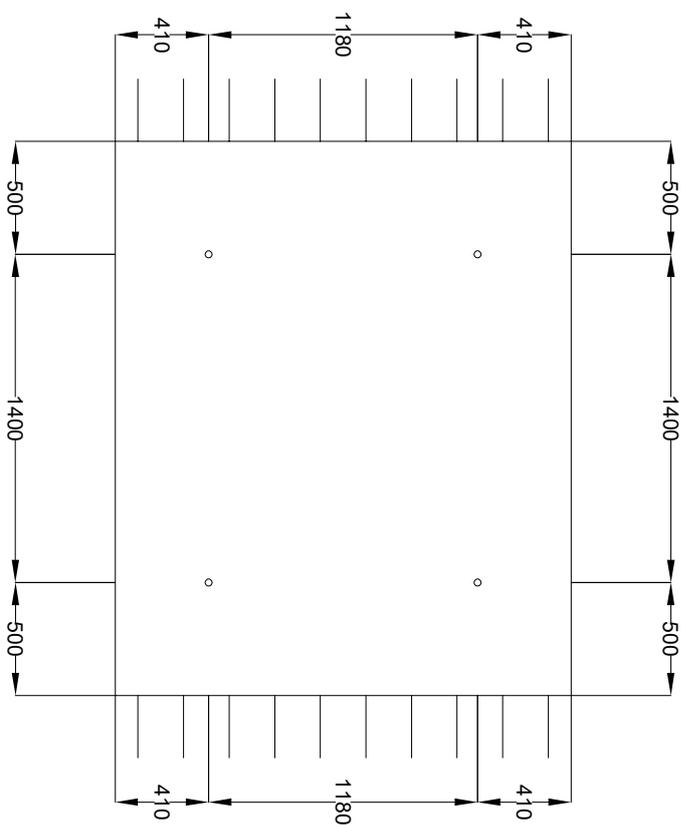
03111440000133

JUDUL GAMBAR

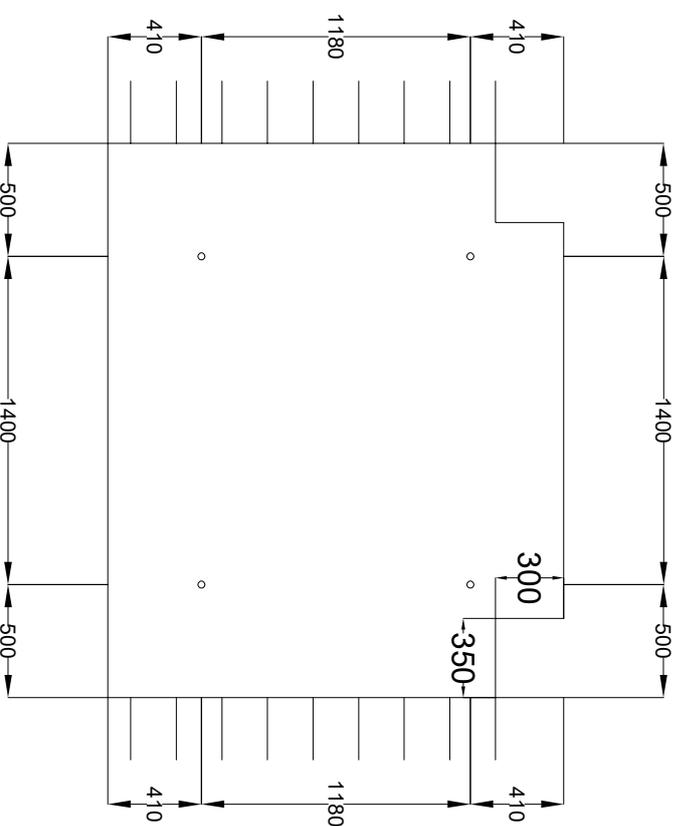
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

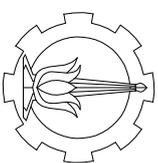
7	1 : 30	STR
---	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S1 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S1 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

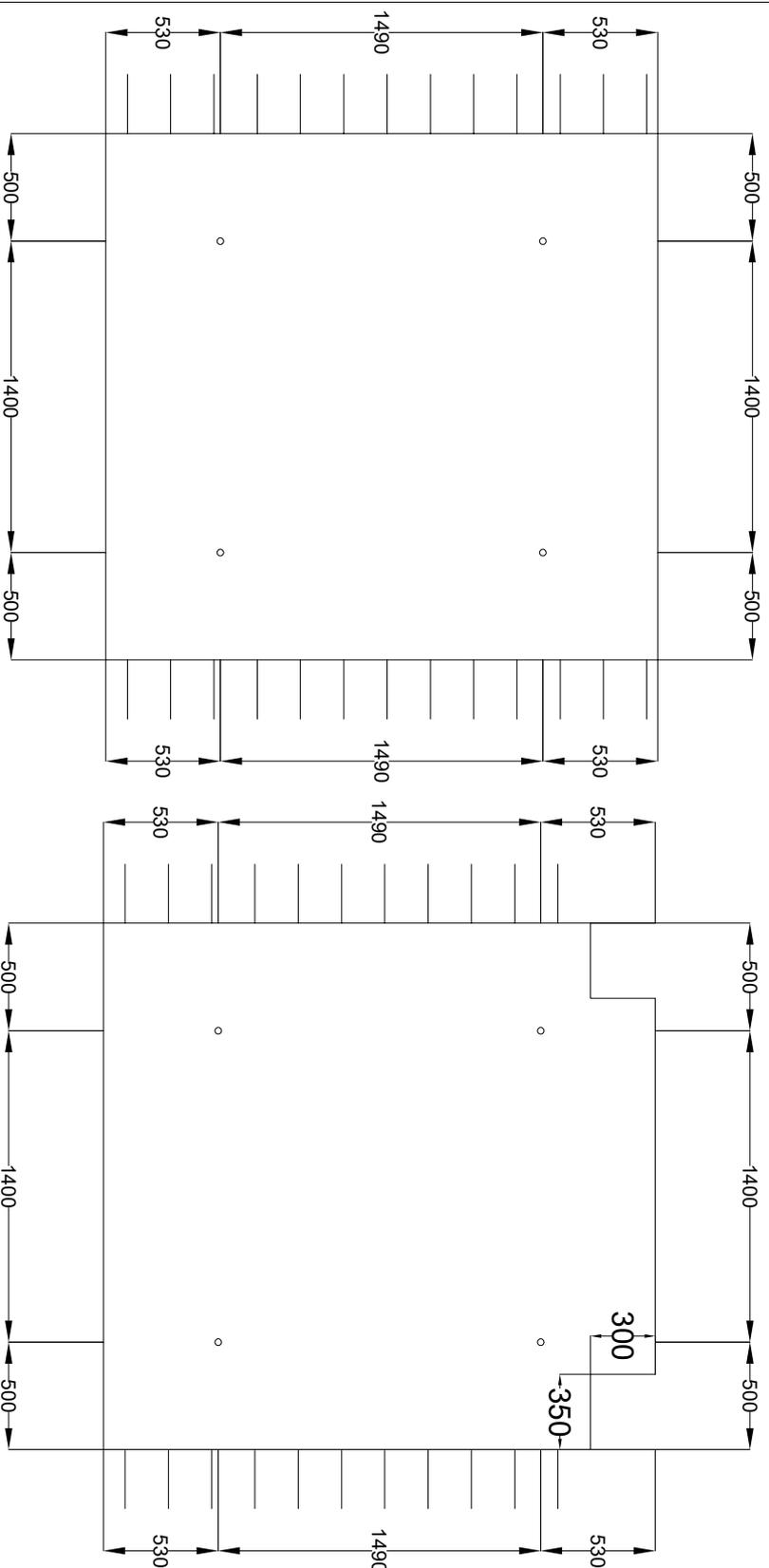
03111440000133

JUDUL GAMBAR

Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S2

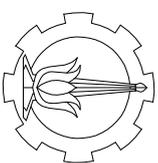
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

8	1 : 30	STR
---	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S2 Tengah  
Skala 1 : 30

Detail Pengangkatan Pelat S2 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

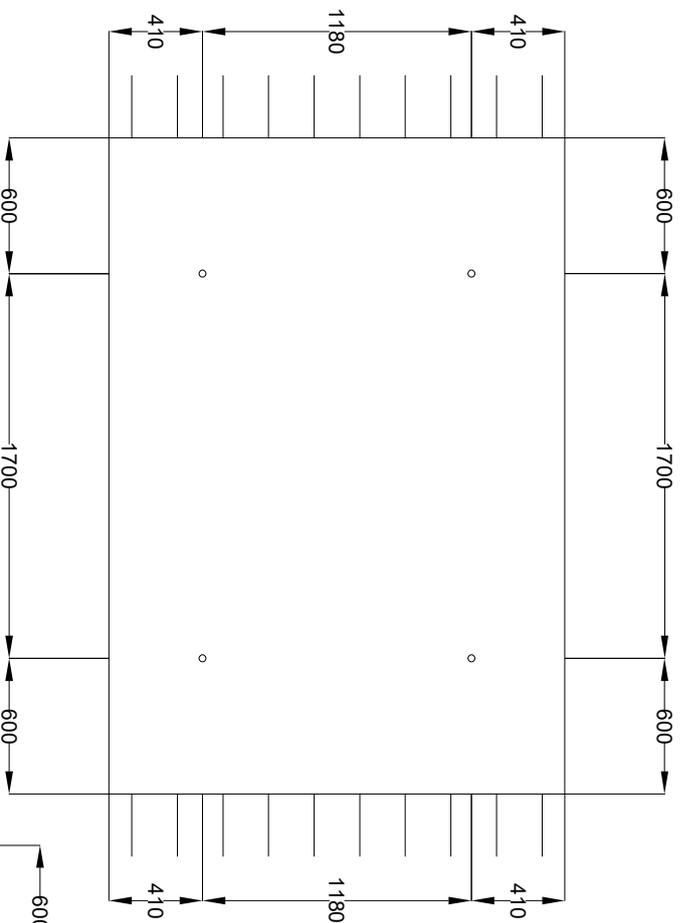
03111440000133

JUDUL GAMBAR

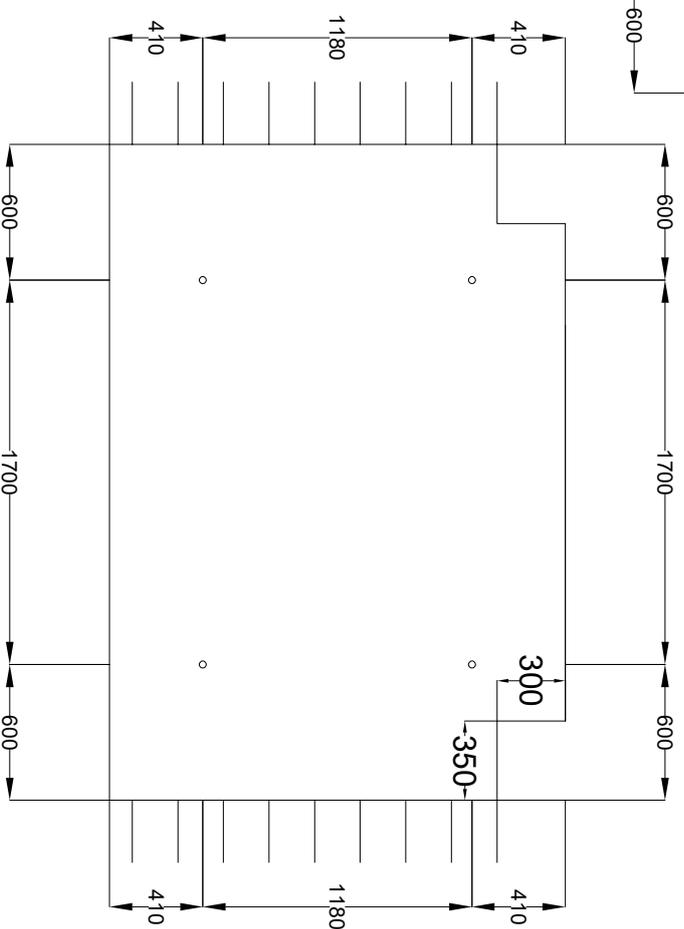
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S3

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

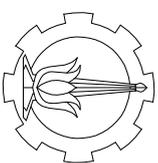
9	1 : 30	STR
---	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S3 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S3 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

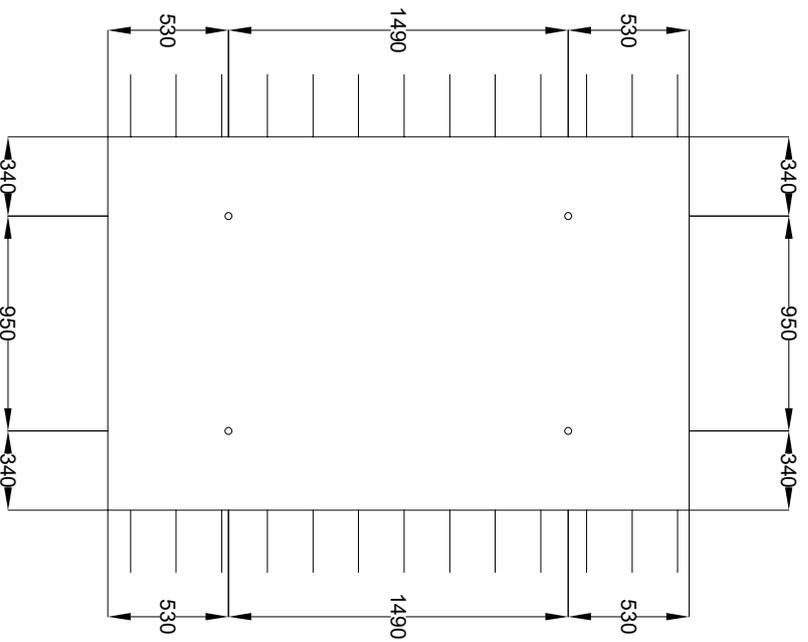
03111440000133

JUDUL GAMBAR

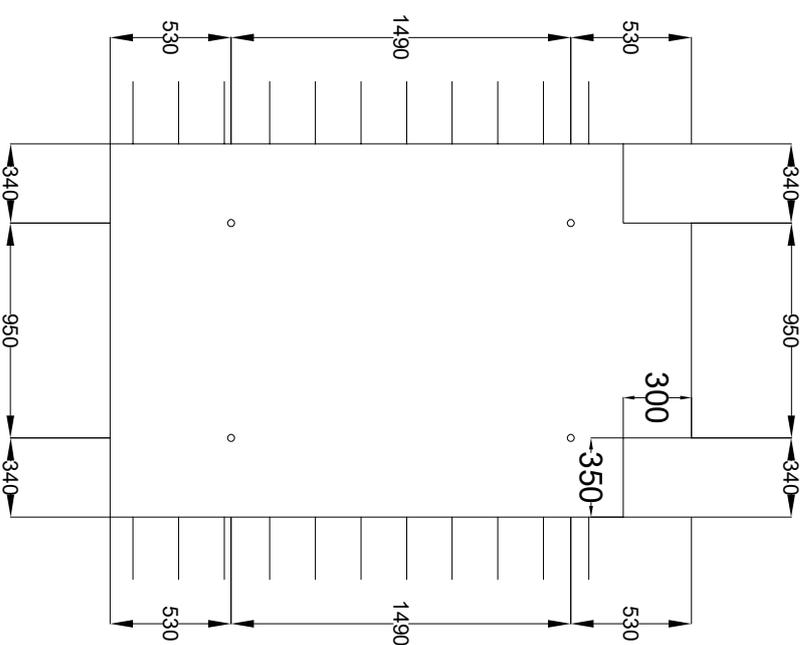
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S4

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

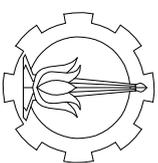
10	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S4 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S4 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

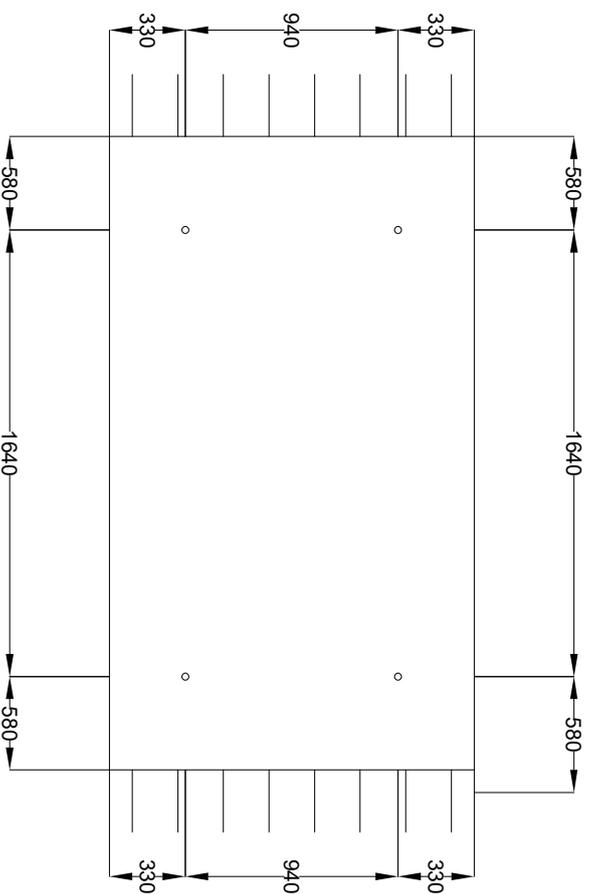
NRP

03111440000133

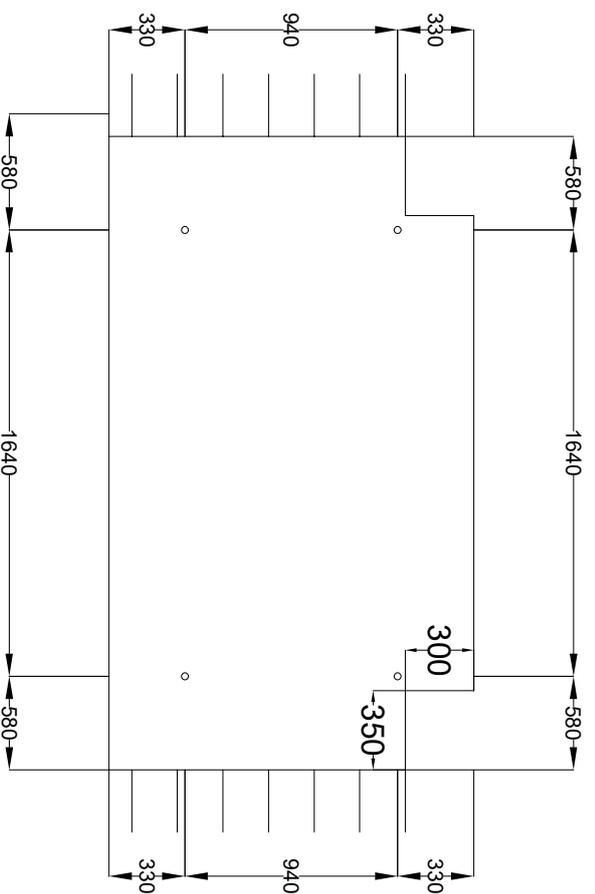
JUDUL GAMBAR

Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S5

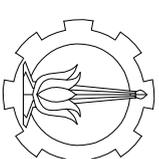
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
11	1 : 30	STR



Detail Pengangkatan Pelat S5 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S5 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

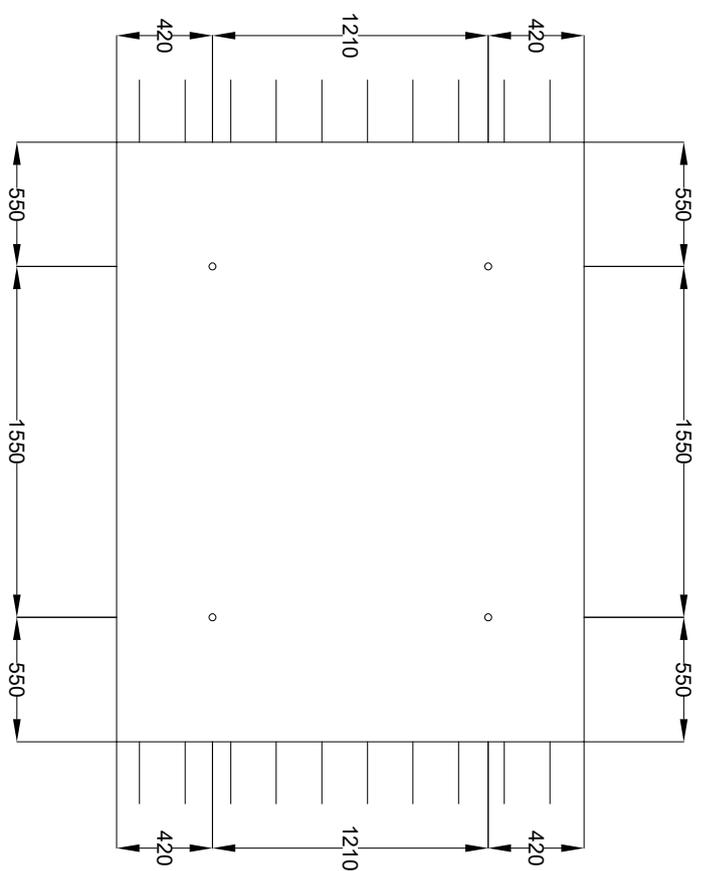
03111440000133

JUDUL GAMBAR

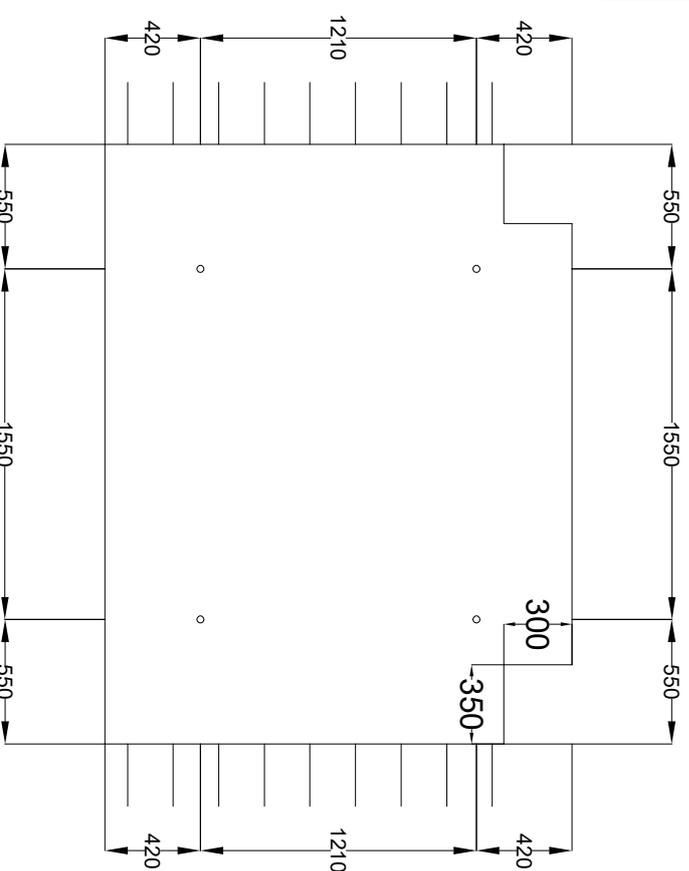
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S6

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

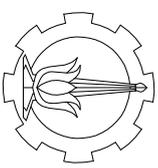
12	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S6 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S6 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

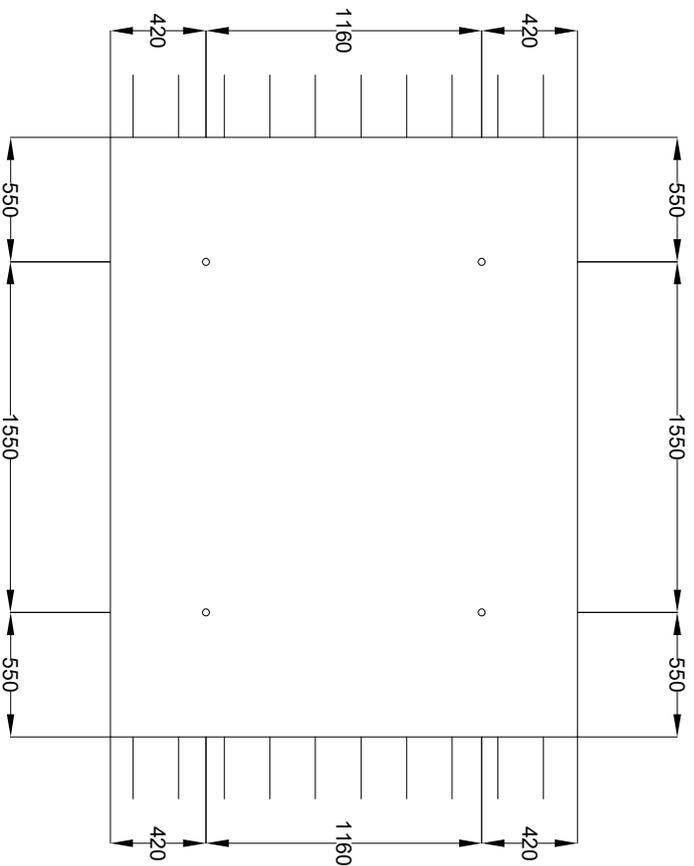
03111440000133

JUDUL GAMBAR

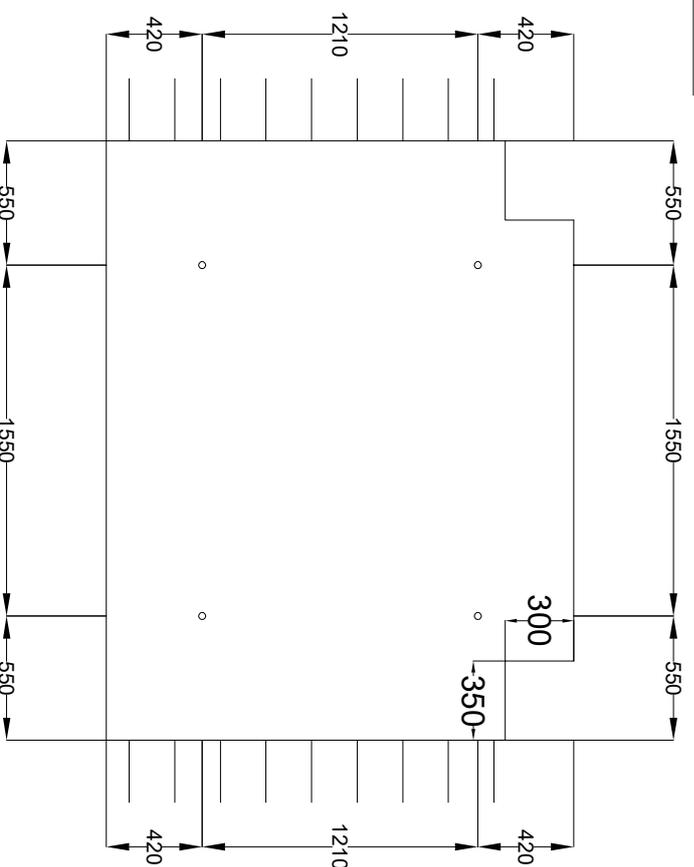
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S7

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

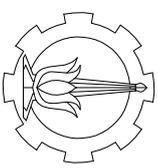
13	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S7 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S7 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

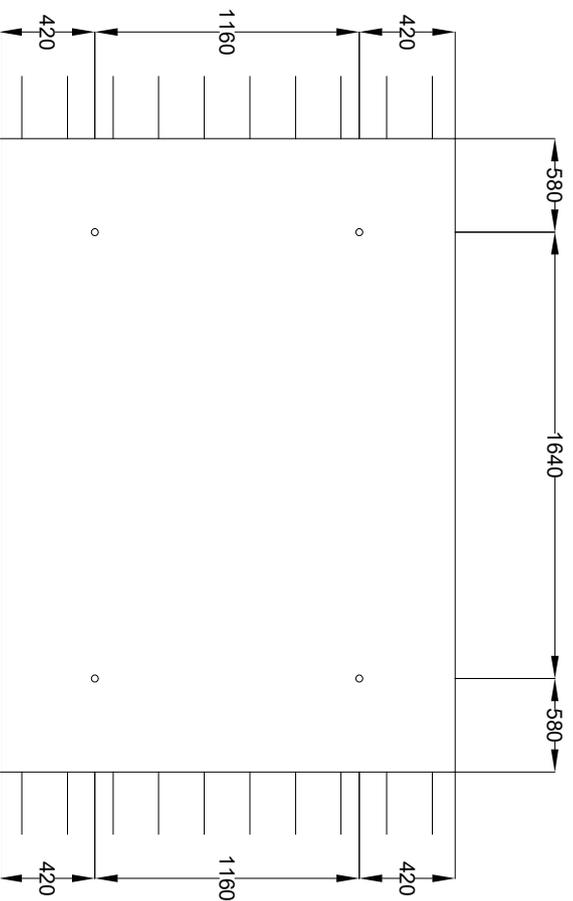
03111440000133

JUDUL GAMBAR

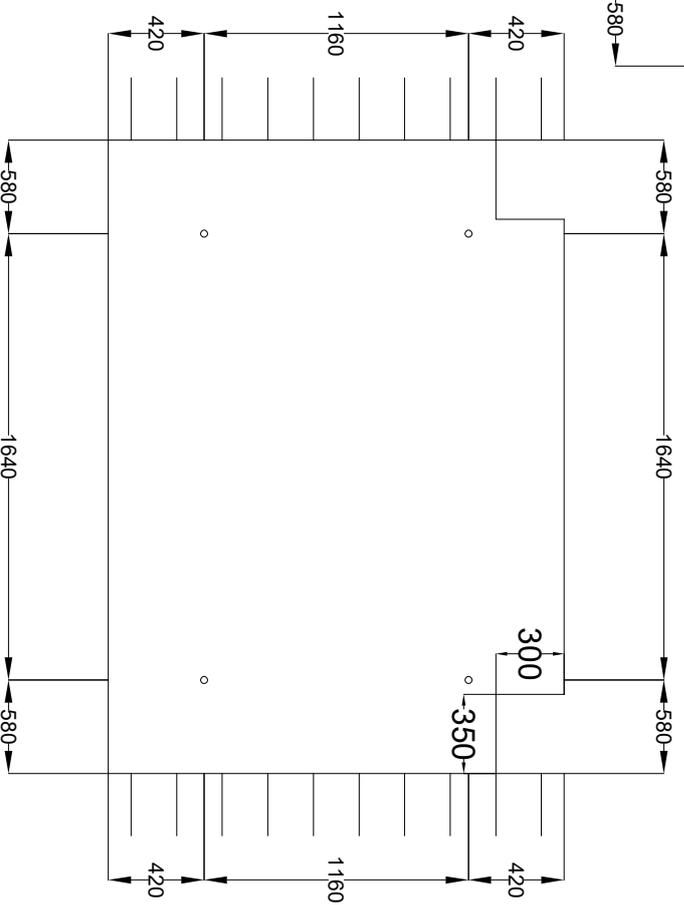
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S8

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

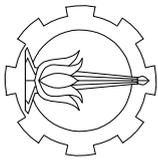
14	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S8 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S8 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

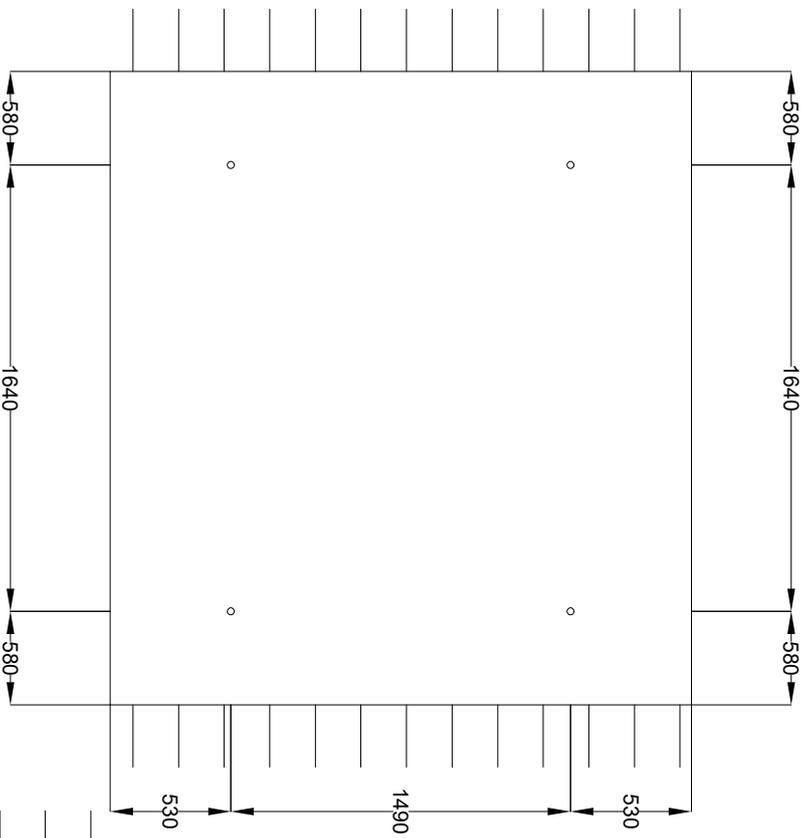
03111440000133

JUDUL GAMBAR

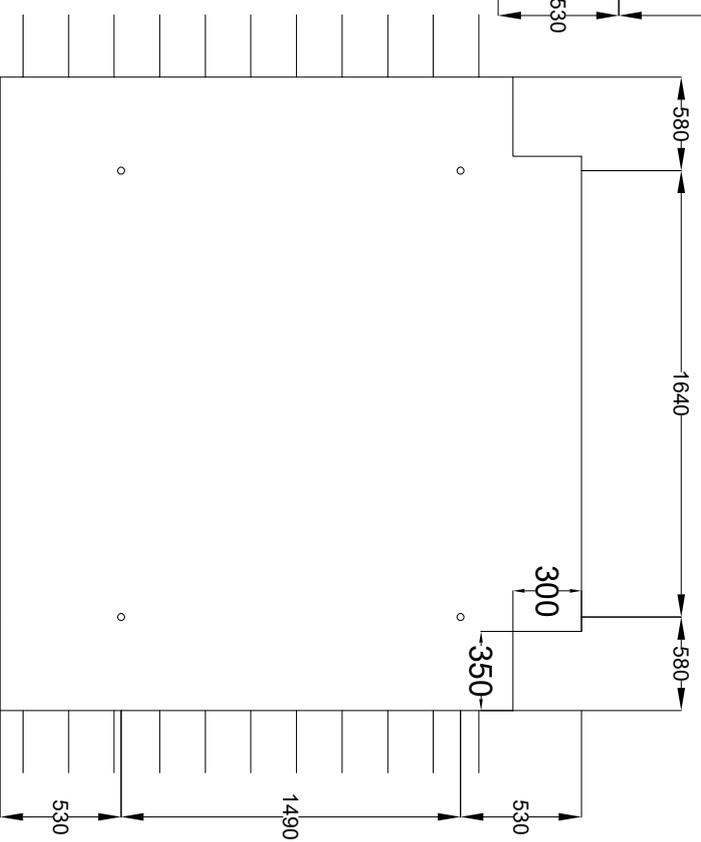
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S9

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

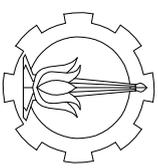
15	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S9 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S9 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

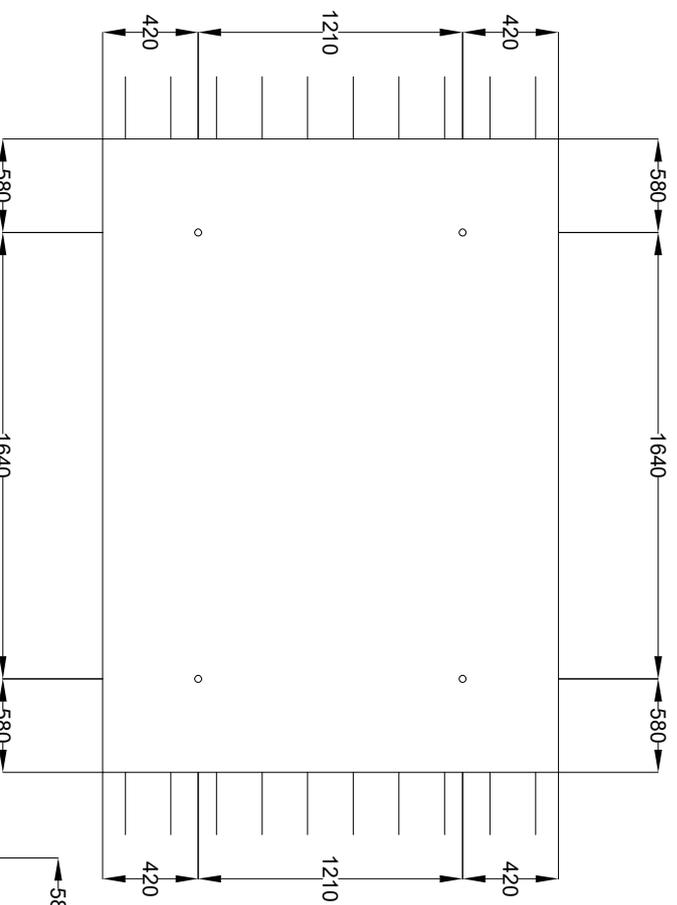
03111440000133

JUDUL GAMBAR

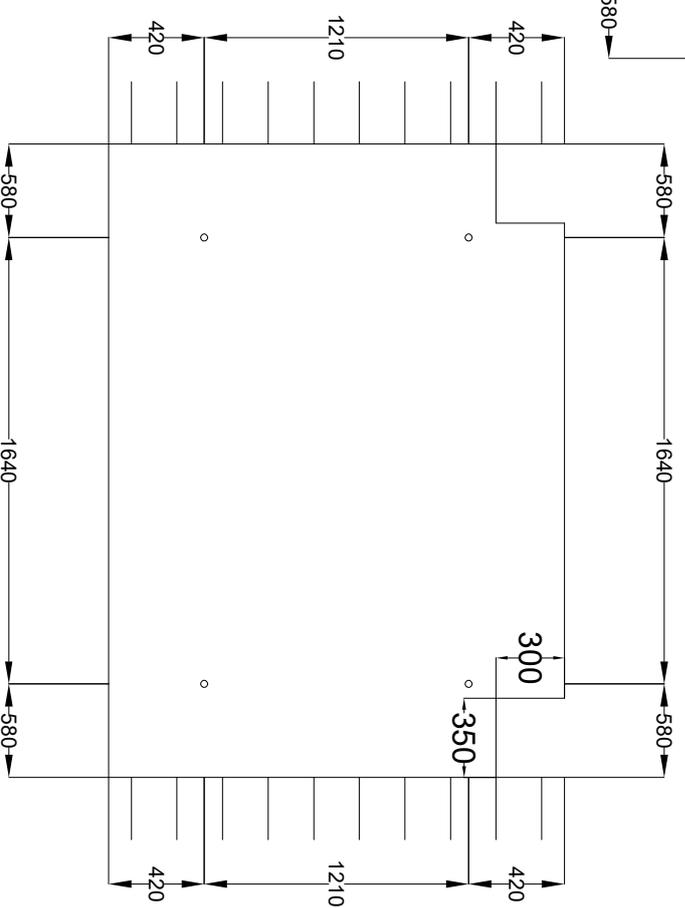
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S10

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

16	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S10 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S10 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

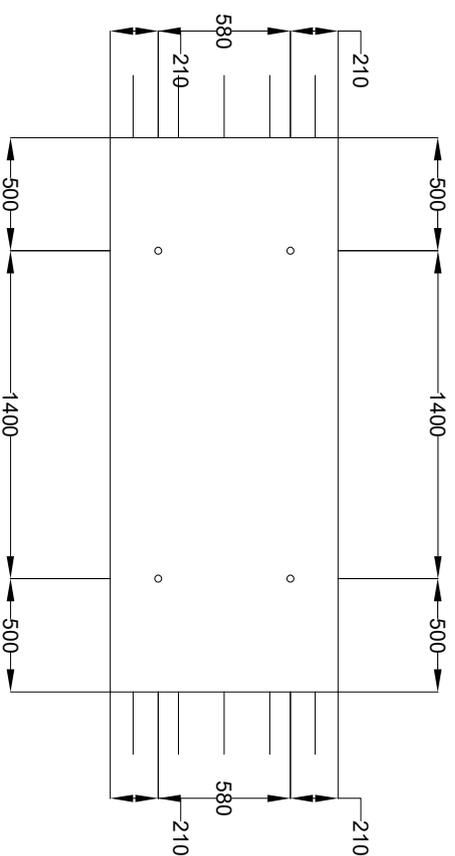
03111440000133

JUDUL GAMBAR

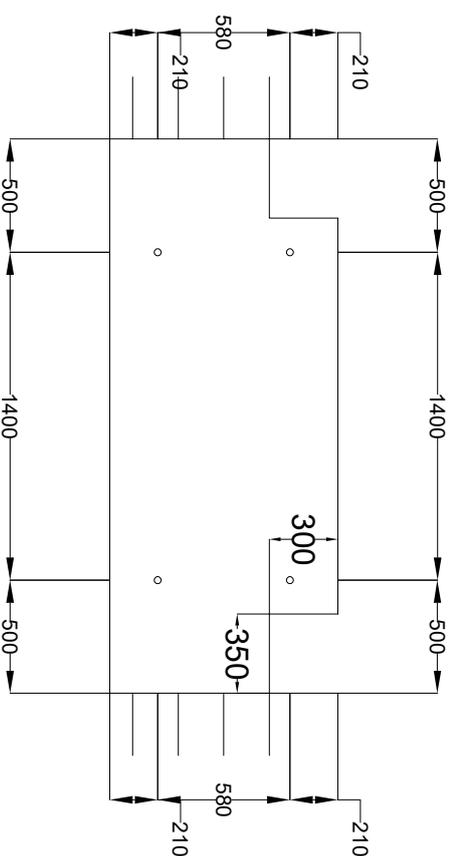
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S11

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

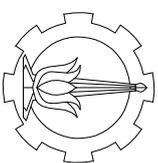
17	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S11 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S11 Tepi  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

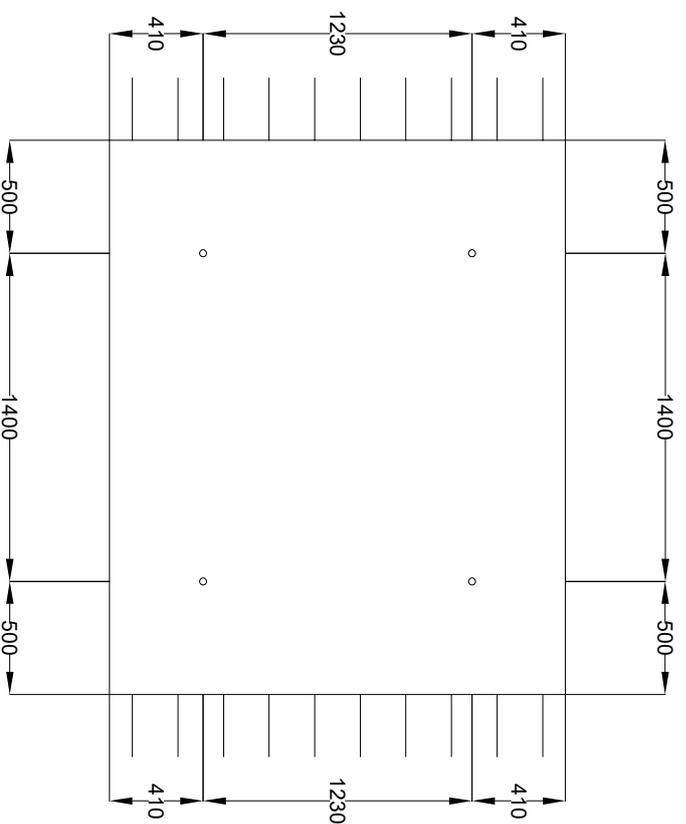
03111440000133

JUDUL GAMBAR

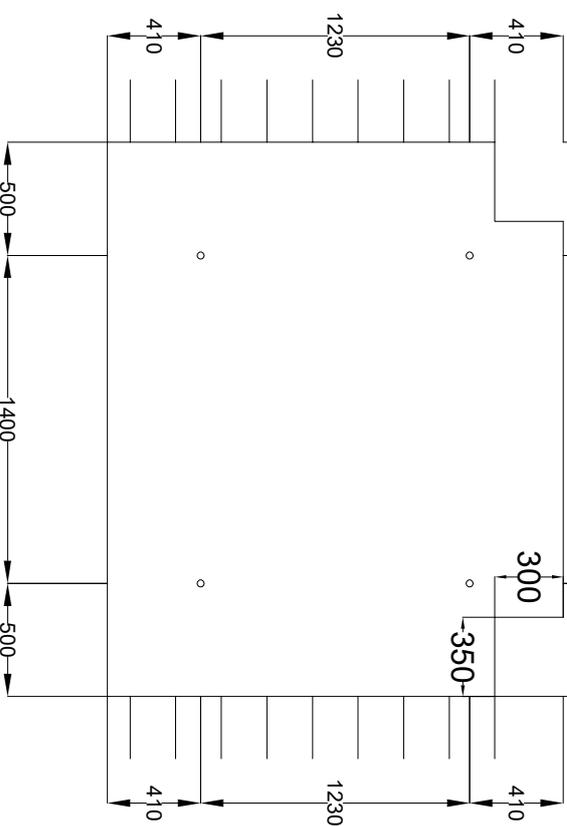
Detail Pengangkatan Pelat  
Tipe S12

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

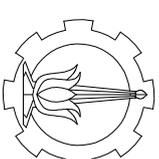
18	1 : 30	STR
----	--------	-----



Detail Pengangkatan Pelat S12 Tengah  
Skala 1 : 30



Detail Pengangkatan Pelat S12 Tepi  
Skala 1 : 30



**DOSEN PEMBIMBING**

**Dr. Ir Djoko Irawan, MS.**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK**

**NAMA MAHASISWA**

**MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO**

**NRP**

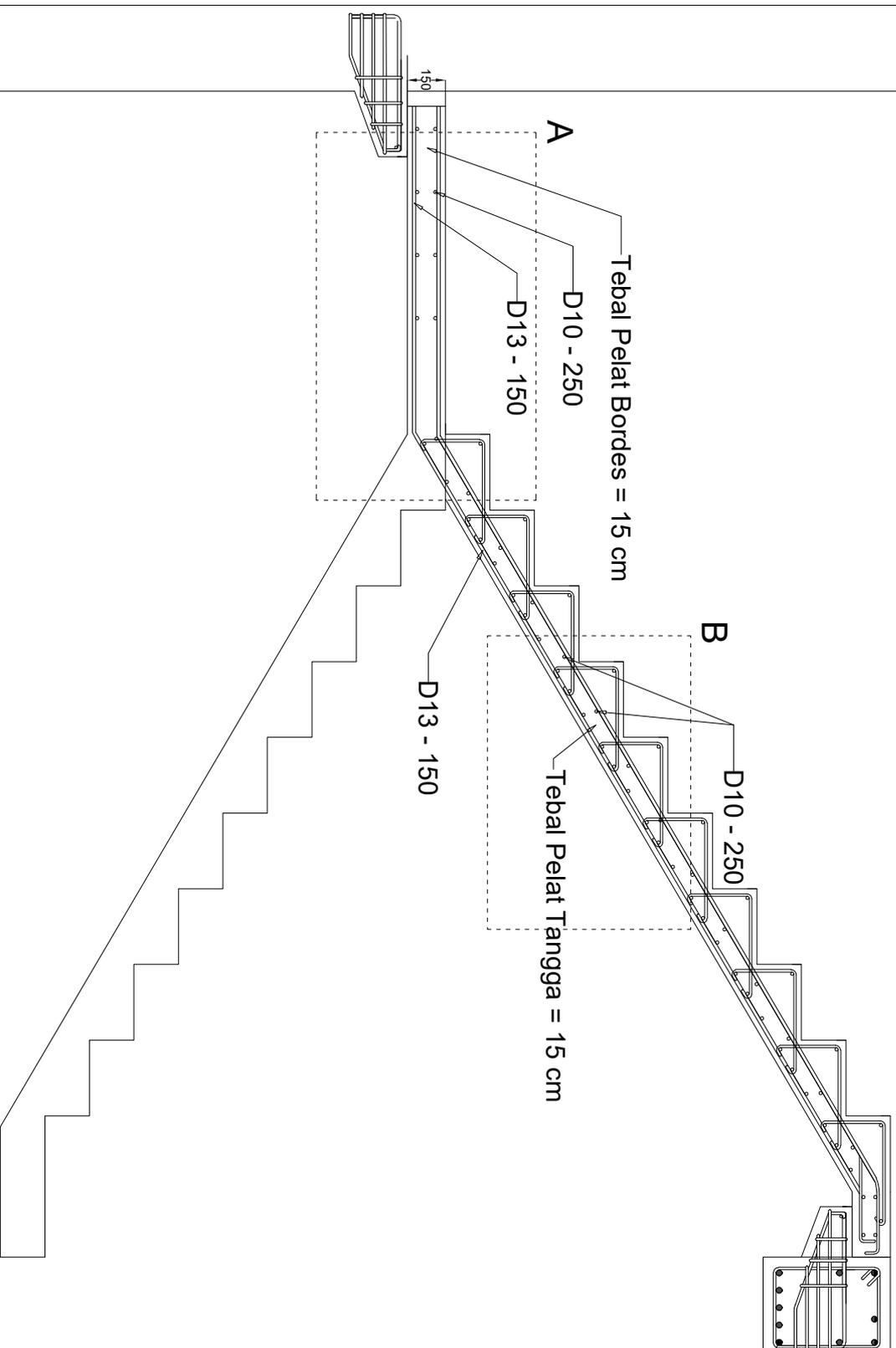
**03111440000133**

**JUDUL GAMBAR**

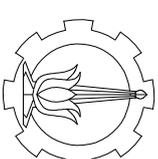
**Penulangan Tangga**

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

19	1 : 25	STR
----	--------	-----



**Potongan A-A**  
**Skala 1 : 100**



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

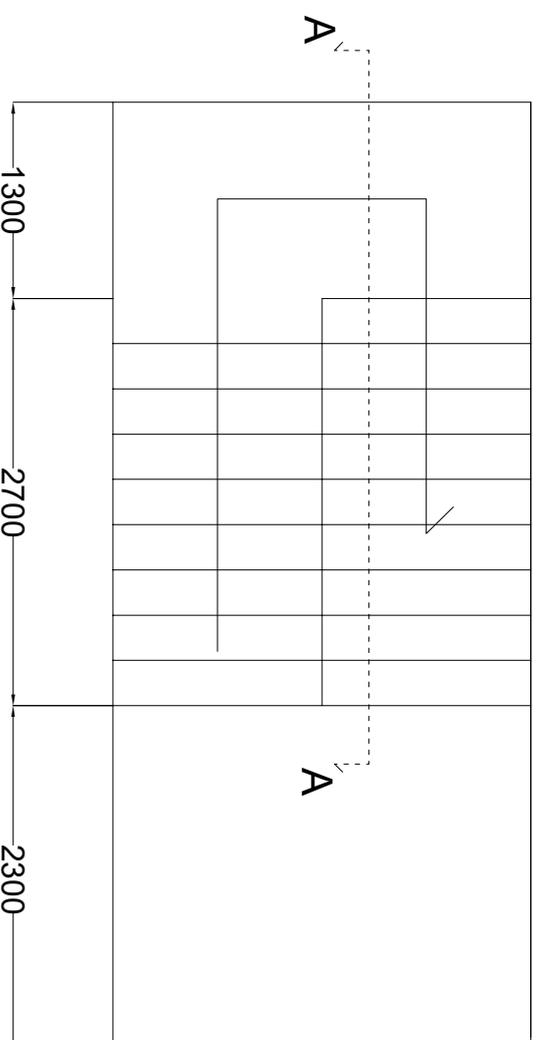
NRP

03111440000133

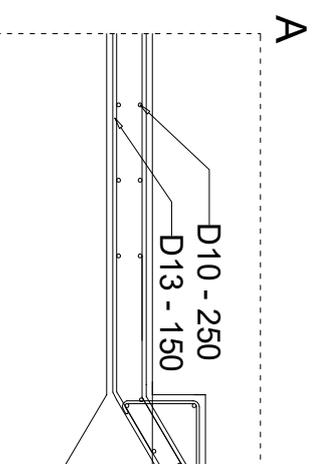
JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Tangga

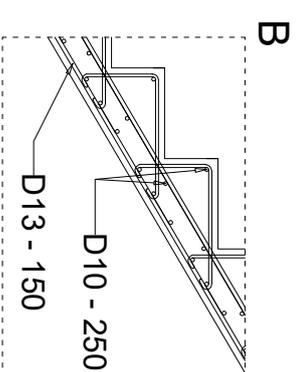
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
20	1 : 20	STR



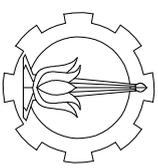
Denah Tangga  
Skala 1 : 50



Detail A  
Skala 1 : 20



Detail B  
Skala 1 : 20



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

Penulangan Balok Anak

NO. GMB SKALA KODE GMB

21 1 : 50 STR

Tabel Penulangan Balok Anak

Type	BA.1		BA.2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	300 x 500 mm		300 x 500 mm	
Bentang	6.3 meter		5.5 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Tengah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Bawah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Senggang	2 D10-75	2 D10-150	2 D10-75	2 D10-150



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

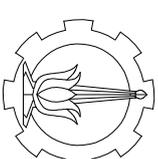
Penulangan Balok Anak

NO. GMB SKALA KODE GMB

22 1 : 50 STR

### Tabel Penulangan Balok Anak

Type	BA.3	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	300 x 500 mm	
Bentang	6.5 meter	
Decking	40 mm	
Atas	2 D22	2 D22
Tengah	2 D22	2 D22
Bawah	2 D22	2 D22
Sengkang	2 D10 - 75	2 D10 - 150



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

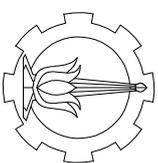
Penulangan Balok Induk

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

23	1 : 50	STR
----	--------	-----

Tabel Penulangan Balok Induk

Type	B1.1		B1.2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	400 x 500 mm		250 x 250 mm	
Bentang	6.3 meter		2,75 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	4 D25	3 D25	4 D20	2 D20
Tengah	2 D25	2 D25	2 D20	2 D20
Bawah	2 D25	5 D25	2 D20	3 D20
Senggang	2 D13-100	2 D13-200	2 D10-50	2 D10-100



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

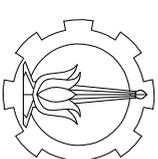
Penulangan Balok Induk

NO. GMB SKALA KODE GMB

24 1 : 50 STR

Tabel Penulangan Balok Induk

Type	B1.3		B1.4	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	250 x 250 mm		400 x 500 mm	
Bentang	3 meter		5,5 meter	
Decking	40 mm			
Atas	4 D20	2 D20	4 D25	3 D25
Tengah	2 D20	2 D20	2 D25	2 D25
Bawah	2 D20	3 D20	2 D25	5 D25
Sengkang	2 D13-50	2 D13-100	2 D13-100	2 D13-200



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

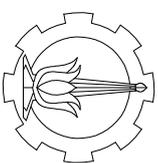
Penulangan Balok Induk

NO. GMB SKALA KODE GMB

25 1 : 50 STR

Tabel Penulangan Balok Induk

Type	B1.5		B1.6	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	250 x 250 mm		400 x 500 mm	
Bentang	2 meter		6,5 meter	
Decking	40 mm			
Atas	4 D20	2 D20	4 D25	3 D25
Tengah	2 D20	2 D20	2 D25	2 D25
Bawah	2 D20	3 D20	2 D25	5 D25
Sengkang	2 D13-50	2 D13-100	2 D13-100	2 D13-200



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

Penulangan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

26	1 :25	STR
----	-------	-----

Tabel Penulangan Kolom

Type

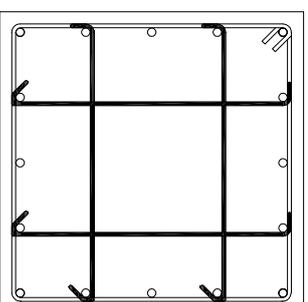
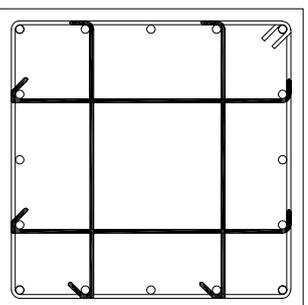
K.1

Kondisi

Tumpuan

Lapangan

Sketsa



Penampang

1000 x 1000 mm

Tulangan

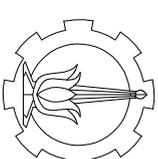
16 D29

16 D29

Sengkang

4 D16-100

4 D16-150



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

Penulangan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

27	1 :25	STR
----	-------	-----

Tabel Penulangan Kolom

Type

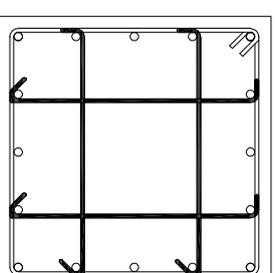
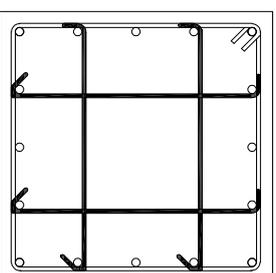
K.2

Kondisi

Tumpuan

Lapangan

Sketsa



Penampang

900 x 900 mm

Tulangan

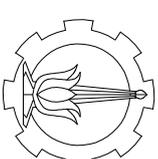
16 D29

16 D29

Sengkang

4 D16-100

4 D16-150



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

Penulangan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

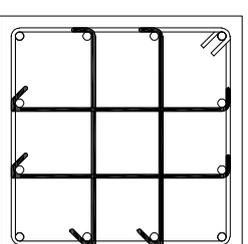
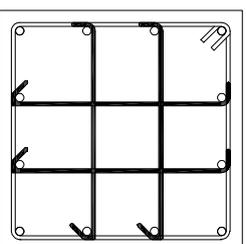
28	1 :25	STR
----	-------	-----

Tabel Penulangan Kolom

Type	K.3	
------	-----	--

Kondisi	Tumpuan	Lapangan
---------	---------	----------

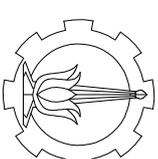
Sketsa



Penampang	800 x 800 mm	
-----------	--------------	--

Tulangan	12 D29	12 D29
----------	--------	--------

Sengkang	4 D16-100	4 D16-150
----------	-----------	-----------



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

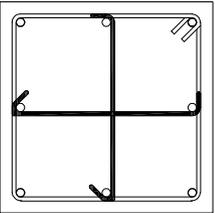
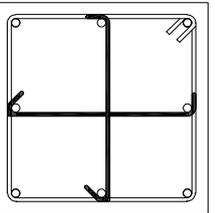
JUDUL GAMBAR

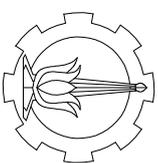
Penulangan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

29	1 :25	STR
----	-------	-----

Tabel Penulangan Kolom

Type	K.4	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	700 x 700 mm	
Tulangan	8 D29	8 D29
Sengkang	3 D16-100	3 D16-150



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

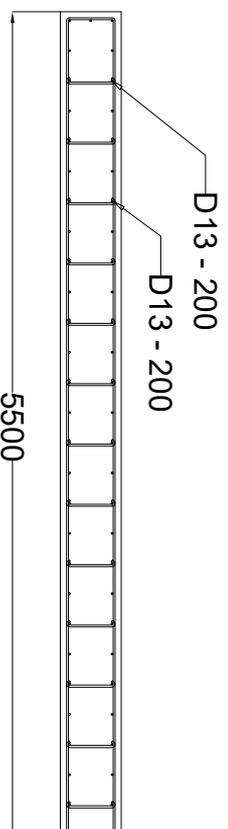
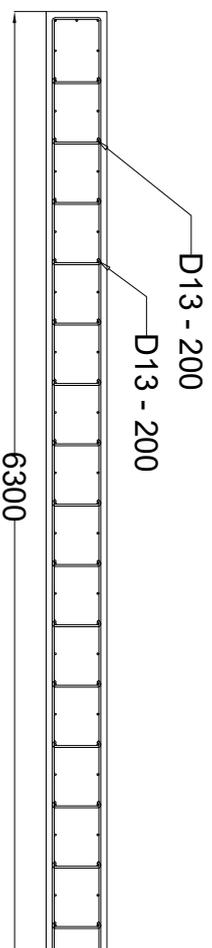
03111440000133

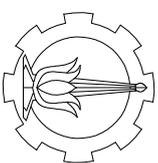
JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Dinding  
Geser

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

30	1 : 50	STR
----	--------	-----





DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

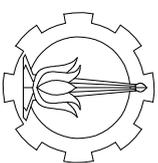
03111440000133

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Dinding  
Geser

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

31	1 :25	STR
----	-------	-----



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

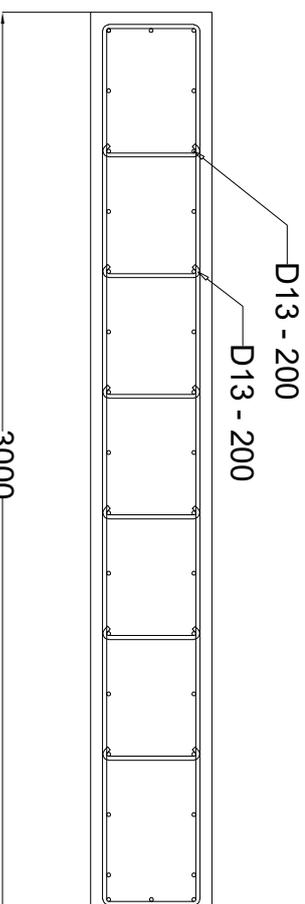
03111440000133

JUDUL GAMBAR

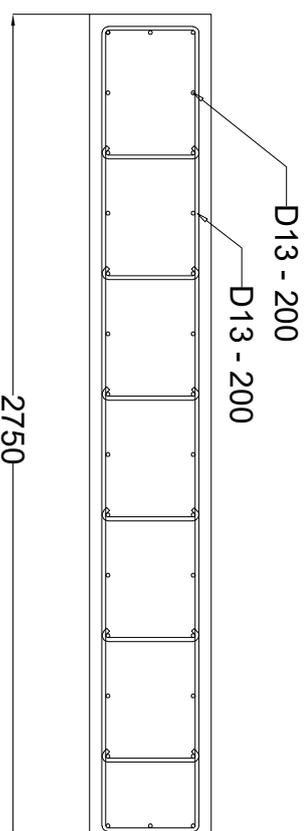
Detail Penulangan Dinding  
Geser

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

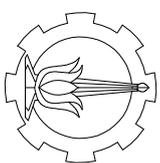
31	1 :25	STR
----	-------	-----



Detail Penulangan Dinding Geser Tipe 3  
Skala 1 : 25



Detail Penulangan Dinding Geser Tipe 4  
Skala 1 : 25



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

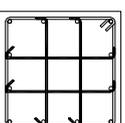
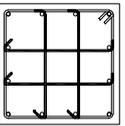
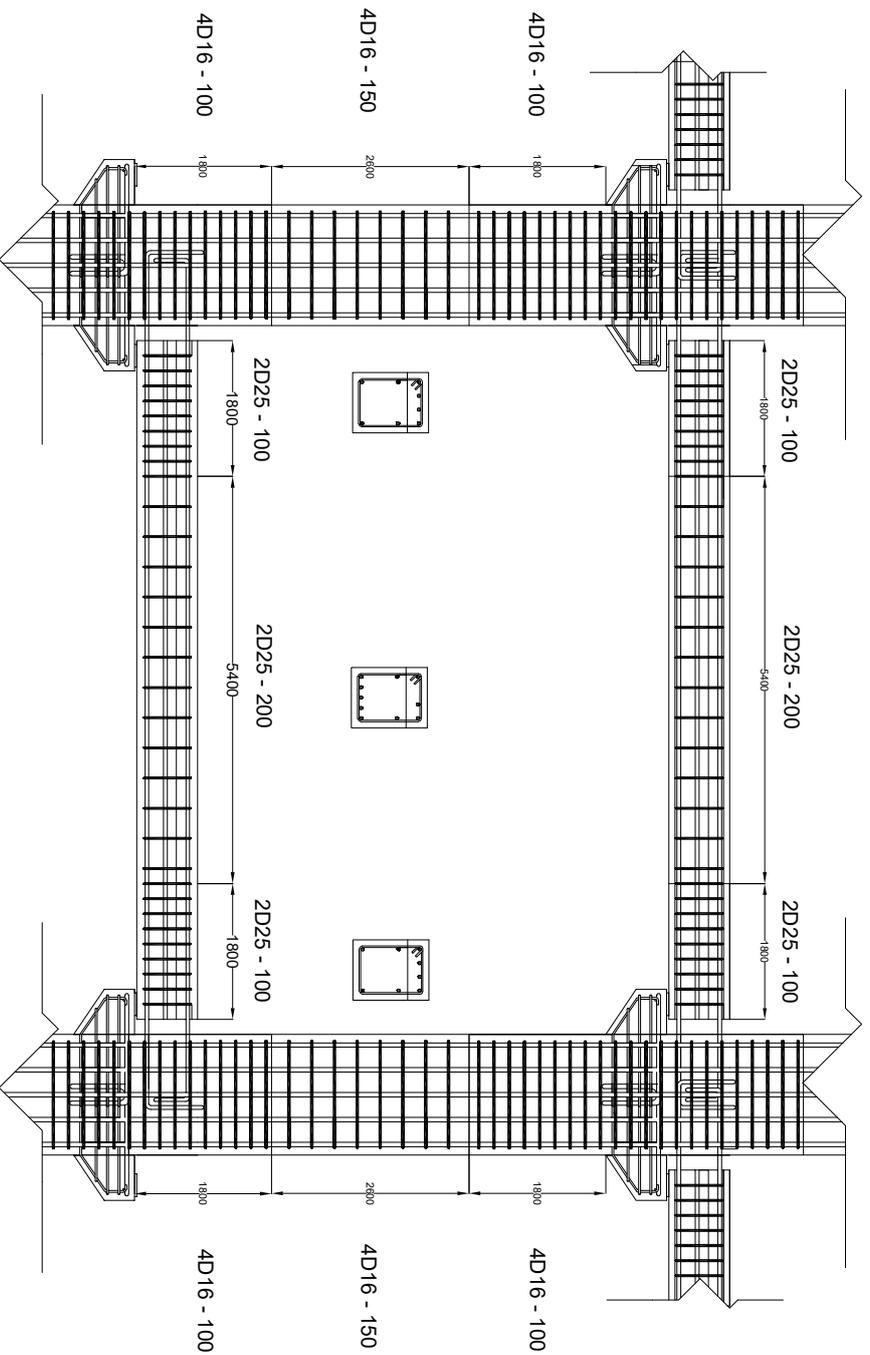
Detail A

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

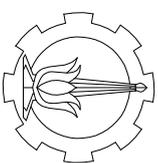
32

1 :25

STR



Detail A  
Skala 1 : 25



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

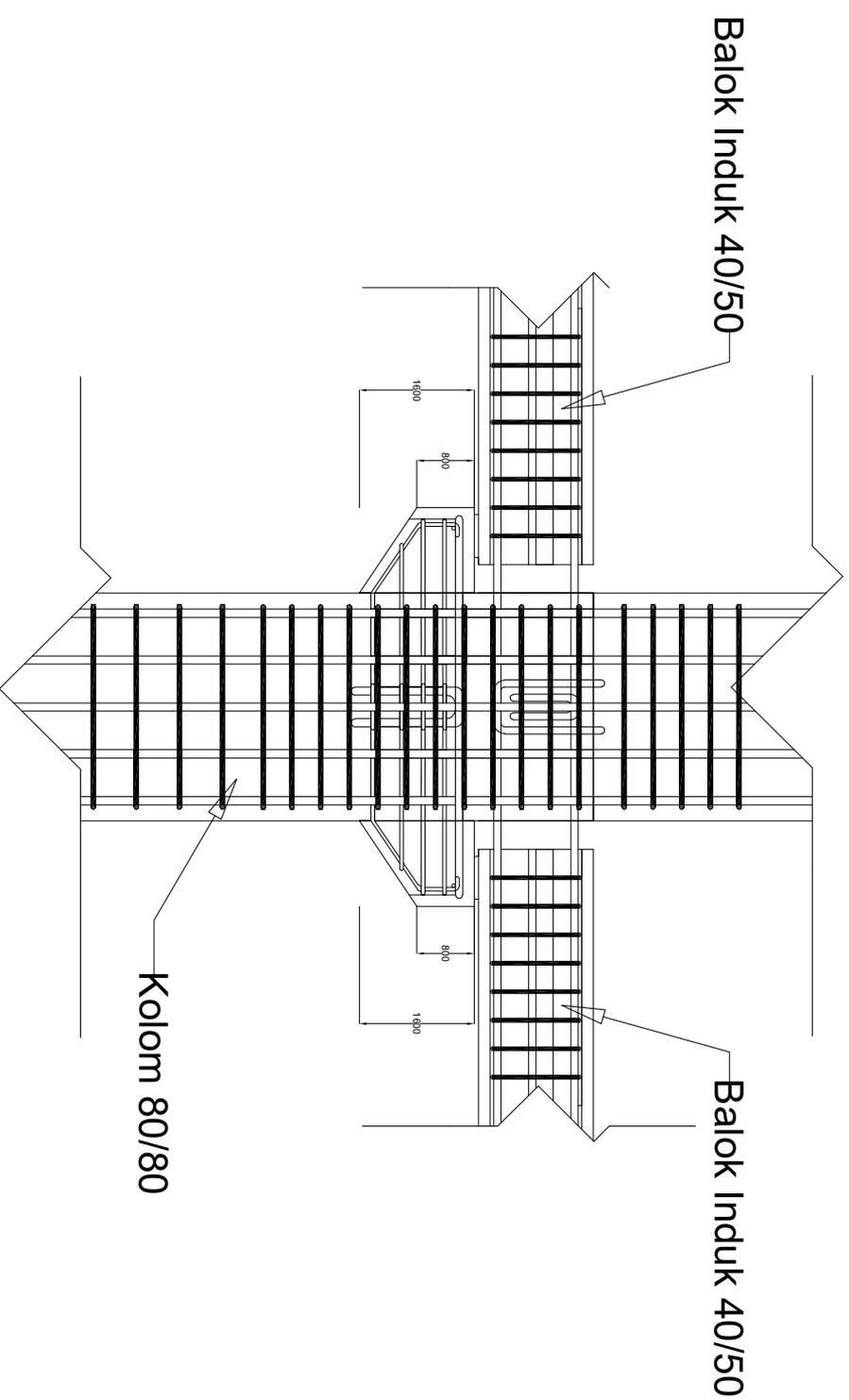
03111440000133

JUDUL GAMBAR

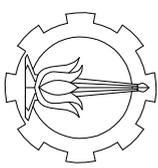
Detail B

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

33	1 :25	STR
----	-------	-----



Detail B  
Skala 1 : 25



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

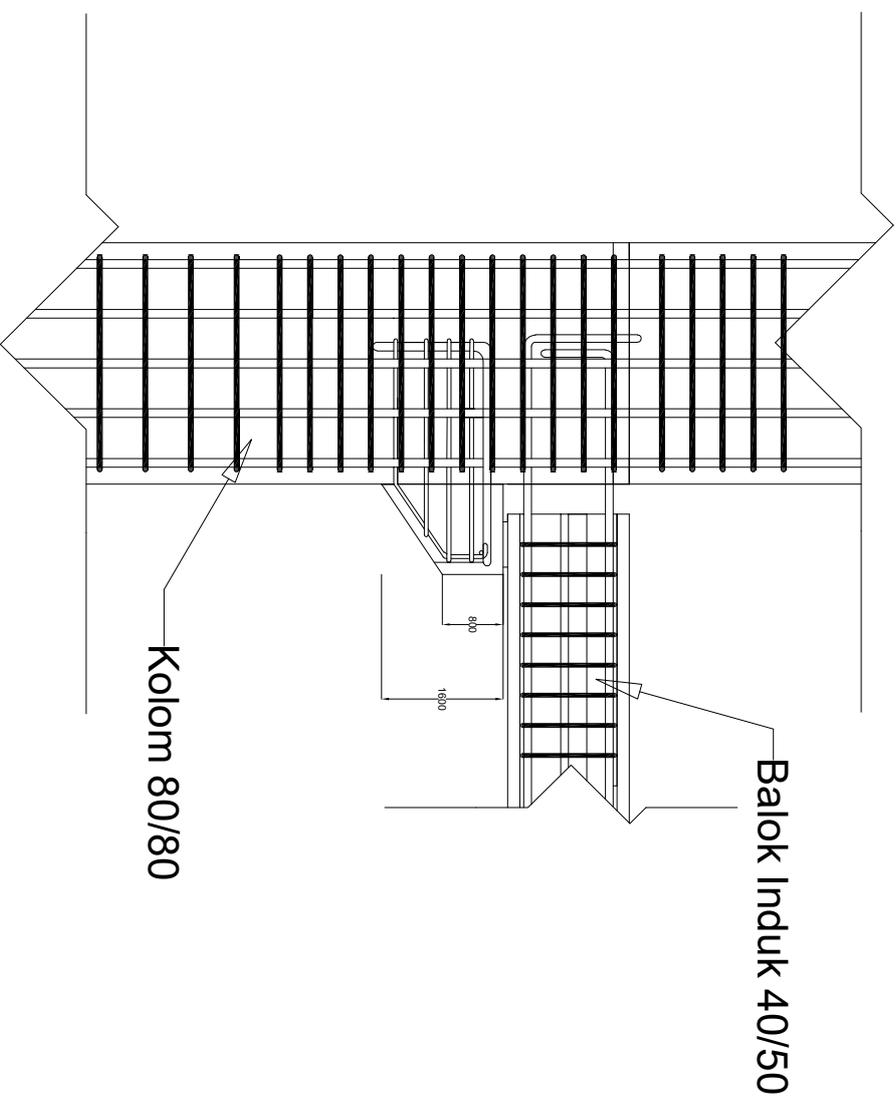
03111440000133

JUDUL GAMBAR

Detail C

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

34	1 :25	STR
----	-------	-----



 Detail C  
Skala 1 : 25



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

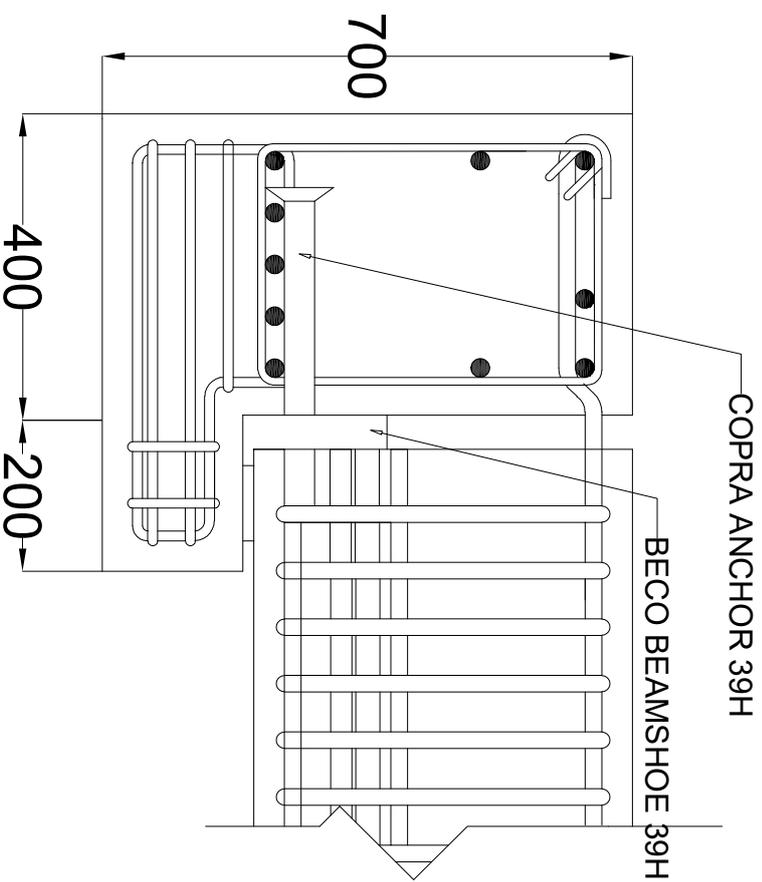
03111440000133

JUDUL GAMBAR

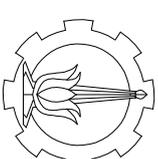
Detail Sambungan Balok Anak  
Anak - Balok Induk

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

35	1 :25	STR
----	-------	-----



Detail Sambungan Balok Anak - Balok Induk  
Skala 1 : 25



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

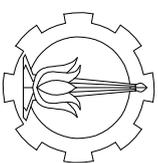
03111440000133

JUDUL GAMBAR

Denah Tiang Pancang

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

36	1 :400	STR
----	--------	-----



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

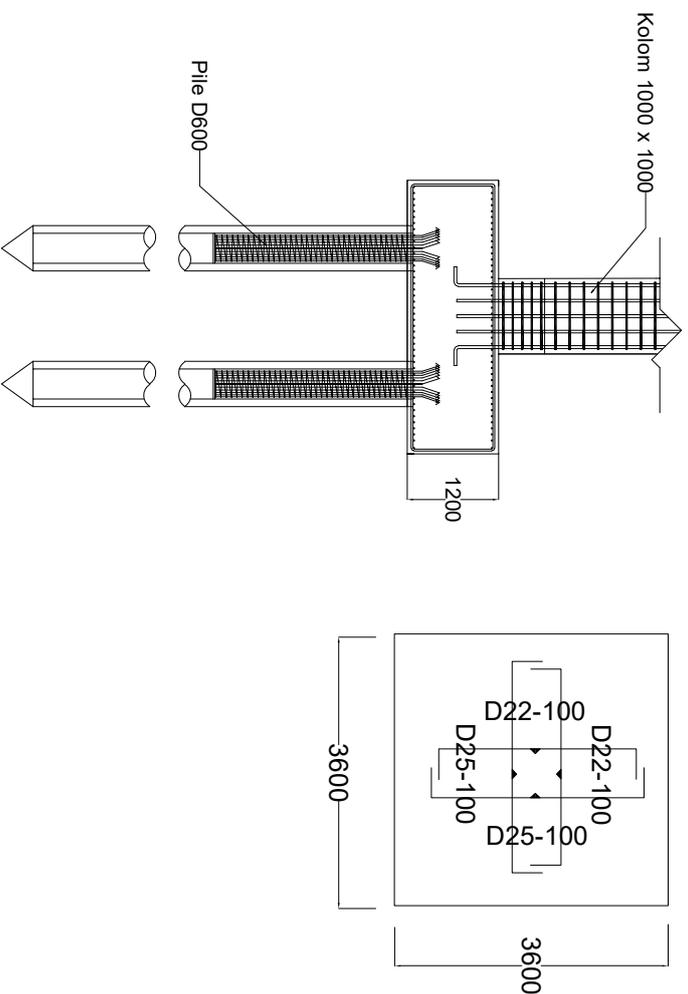
Penulangan Poer Tipe 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

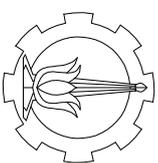
37

1 : 100

STR



 Penulangan Poer Tipe 1  
Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

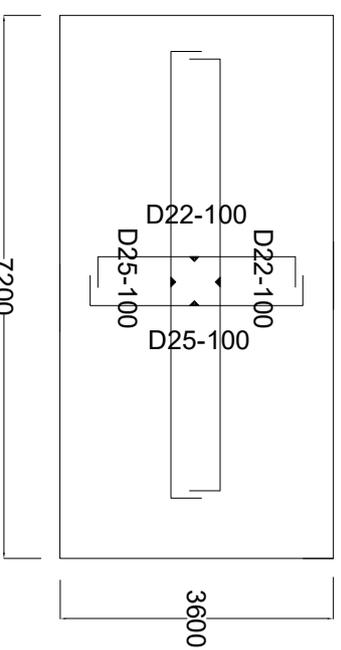
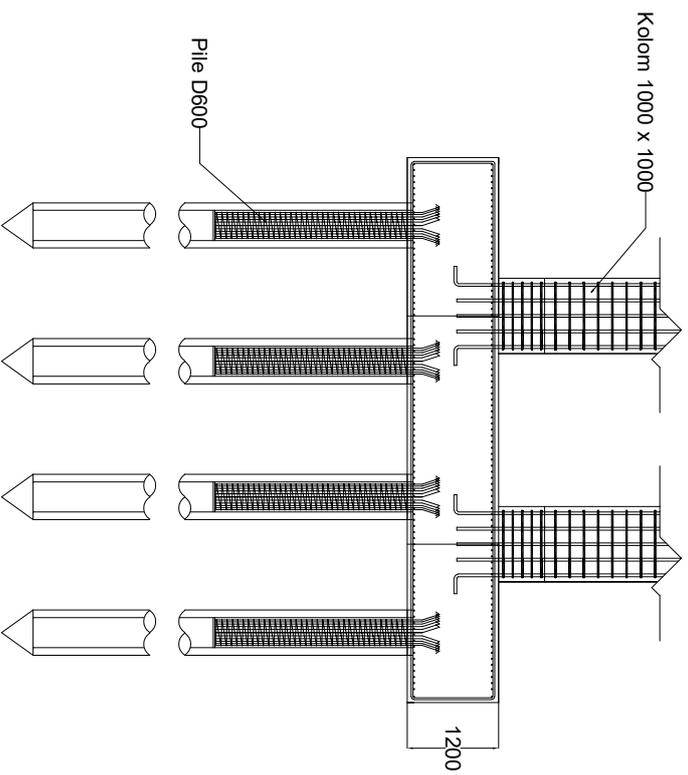
03111440000133

JUDUL GAMBAR

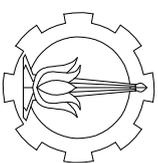
Penulangan Poer Tipe 2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

38	1 : 100	STR
----	---------	-----



 Penulangan Poer Tipe 2  
Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

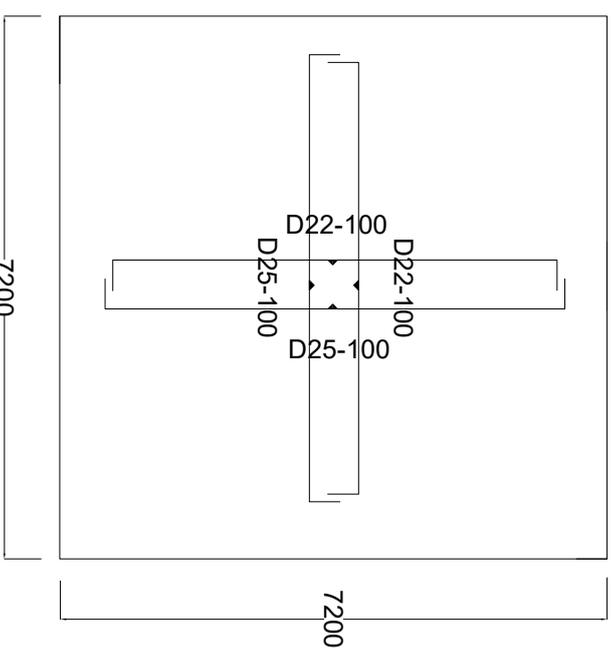
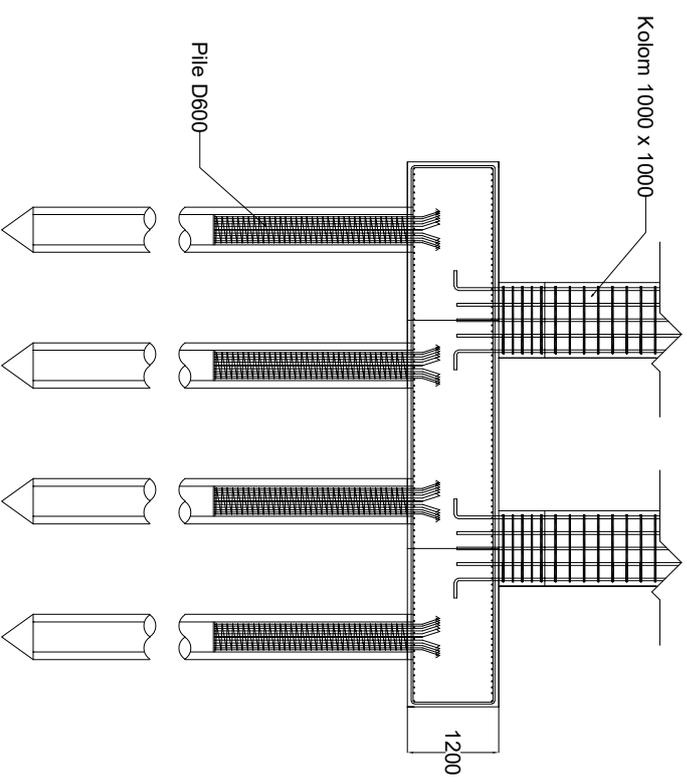
03111440000133

JUDUL GAMBAR

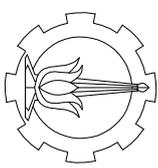
Penulangan Poer Tipe 3

NO. GMB SKALA KODE GMB

39 1 : 100 STR



 Penulangan Poer Tipe 4  
Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

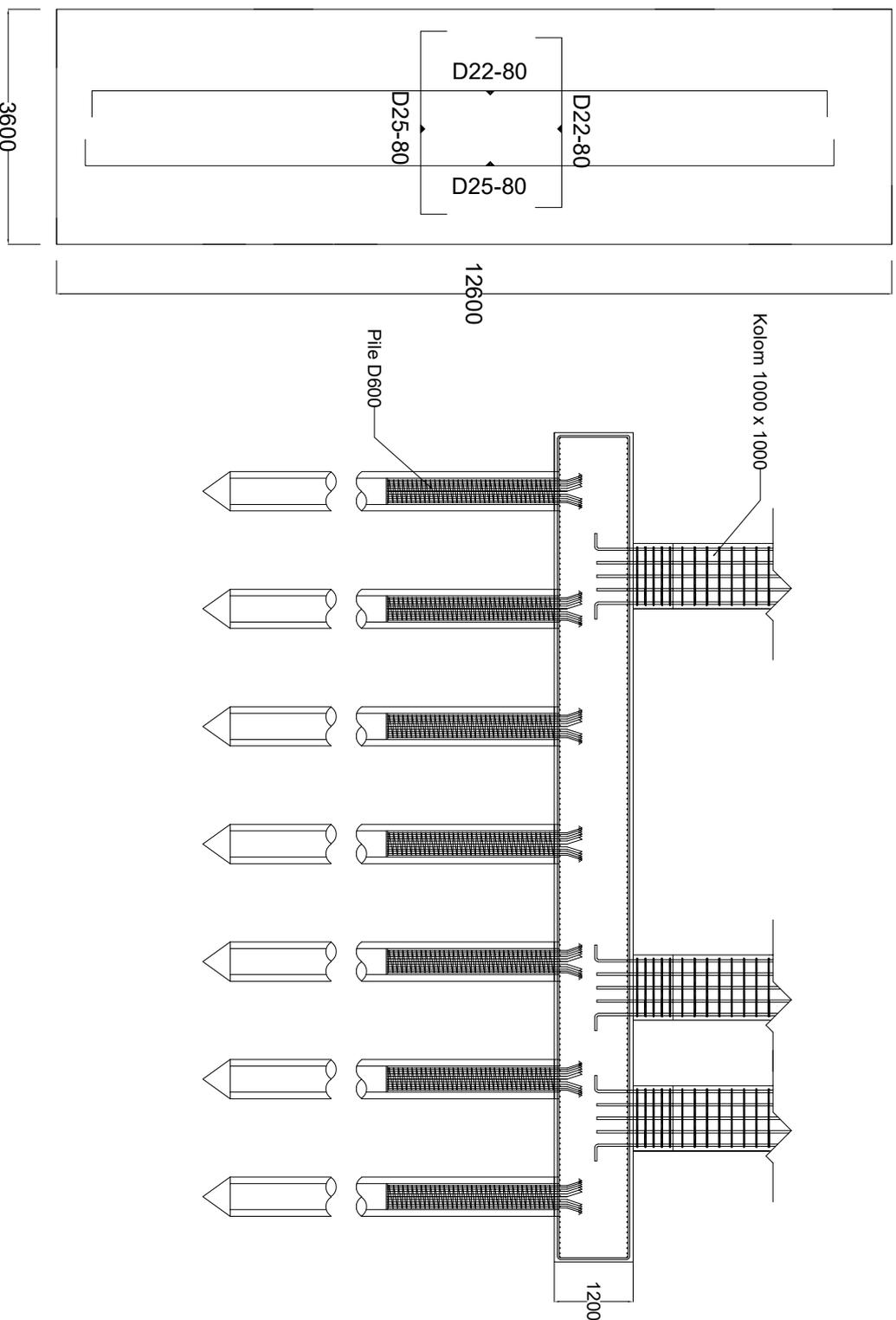
03111440000133

JUDUL GAMBAR

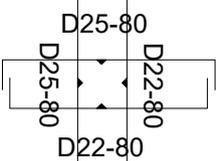
Penulangan Poer Tipe 4

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

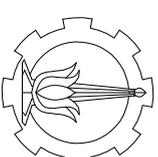
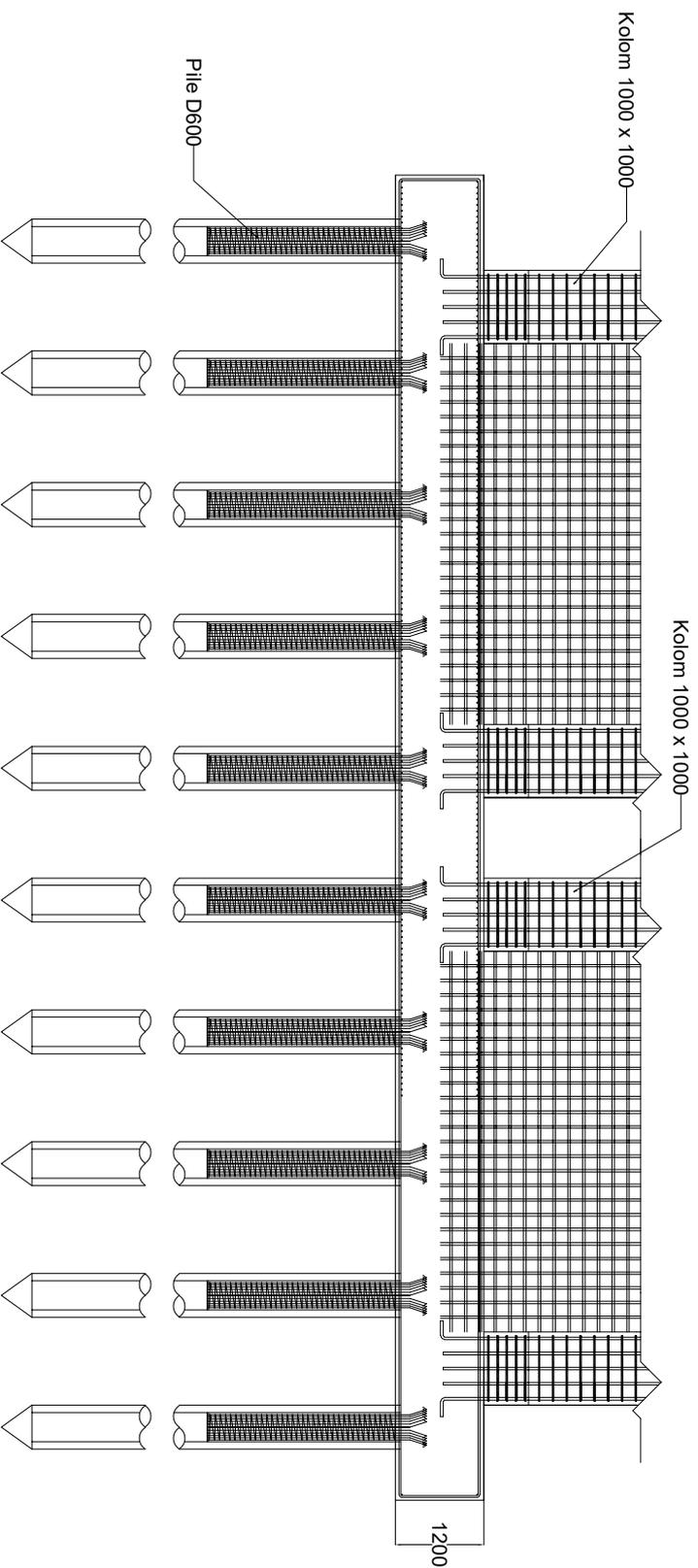
40	1 : 100	STR
----	---------	-----



 Penulangan Poer Tipe 4  
Skala 1 : 100



18200



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN TAMANSARI  
ISWARA BEKASI DENGAN  
SISTEM BETON  
PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI  
PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

Penulangan Poer Tipe 5

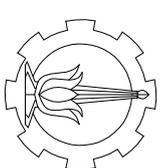
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
41	1 : 100	STR

Penulangan Poer Tipe 5  
Skala 1 : 100

41

1 : 100

STR



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN TAMANSARI ISWARA BEKASI DENGAN SISTEM BETON PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI PURNOMO

NRP

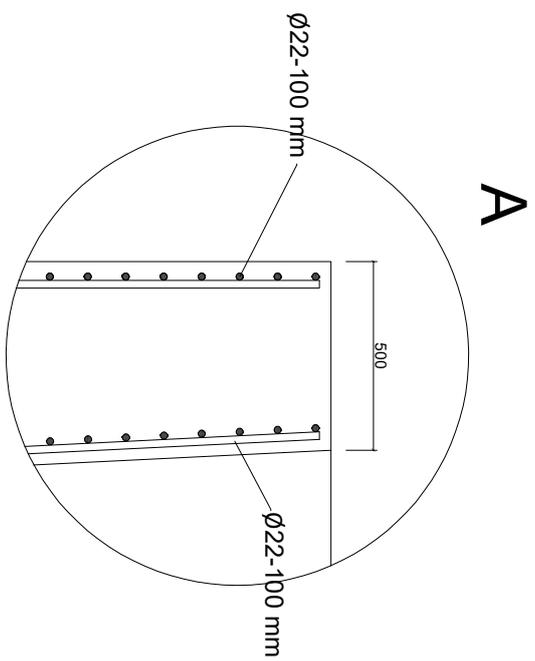
03111440000133

JUDUL GAMBAR

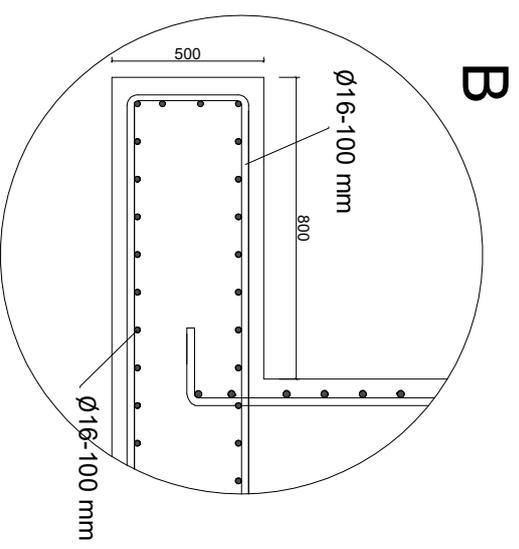
Detail Dinding Penahan Tanah

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

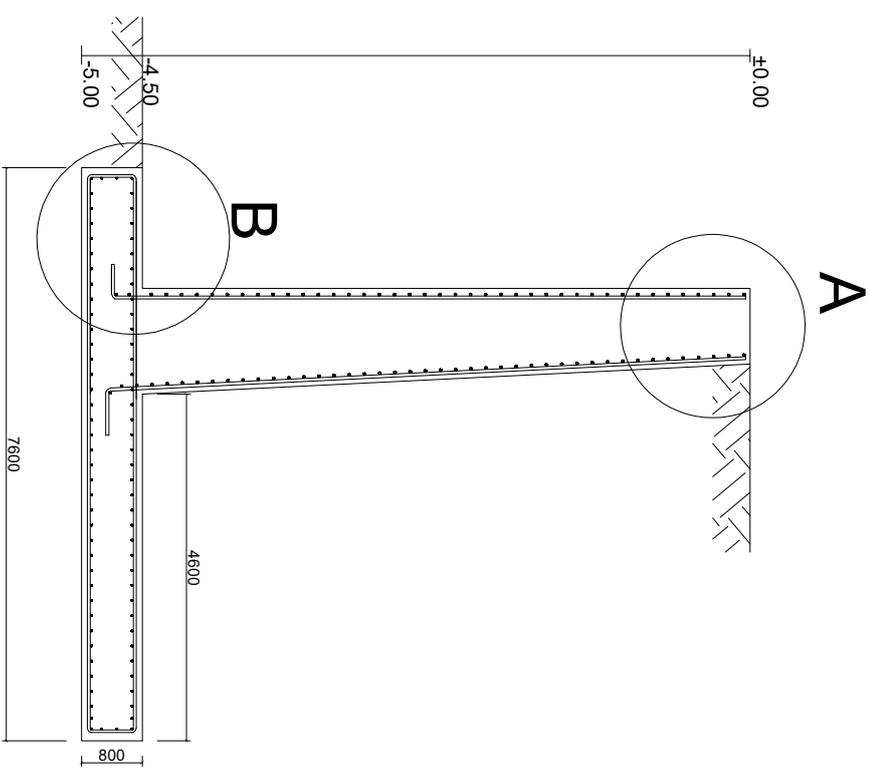
42	1 : 50	STR
----	--------	-----



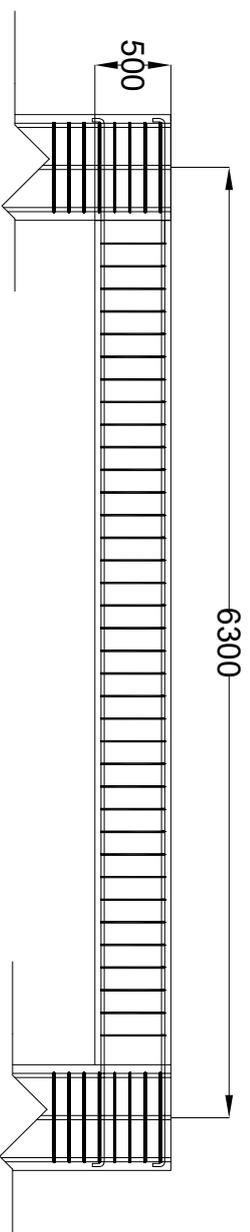
Detail A  
Skala 1 : 20

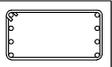


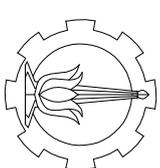
Detail B  
Skala 1 : 20



Dinding Penahan Tanah  
Skala 1 : 50



Tabel Penulangan Balok Anak		
Type	BA.3	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	300 x 500 mm	
Bentang	6.3 meter	
Decking	40 mm	
Atas	4 D22	4 D22
Bawah	4 D22	4 D22
Sengkang	D10 - 150	D10 - 150



DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir Djoko Irawan, MS.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN TAMANSARI ISWARA BEKASI DENGAN SISTEM BETON PRACEETAK

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD NUR ADI PURNOMO

NRP

03111440000133

JUDUL GAMBAR

Balok Lift

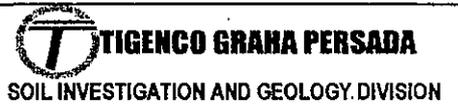
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

43      1 :50      STR



# GEOLOGIC DRILLING LOG

BH NO  
BHM 121



PROJECT : SOIL INVESTIGATION MEDIAN (53 TITIK) / JAKARTA CIKAMPEK ELEVATED II  
 LOCATION : JAKARTA - CIKAMPEK X,Y,Z/E,N,Z : 741808.2392, 9299 086332  
 DATE : 24 September - 1 Oktober 2017 RIG MACHINE : 40m3  
 END DEPTH : 58.45 DRILLMASTER : Ardiano  
 AVERAGE GWL : 4.2 m LOGGED BY : Fernando  
 SURFACE COND. : FLAT CHECKED BY :

DATE/SIGNATURE	GWL (M)	WEATHER	DEPTH (M)	CASING DEPTH(M)	CORE RUN (M)	CORE RECOVERY	RGD	DESCRIPTION	SAMPLING SYMBOL	SAMPLING		SPT				N VALUE GRAPH															
										DEPTH	TYPE	N1	N2	N3	N VALUE	0	10	20	30	40	50	60									
24-9-2017	5.20 m	clear / cloudy	8,50			0.45		silty clay, Homogenous dark grey, firm consistency, medium plasticity, moist	8.45	SPT 4	2	2	3	5/45																	
			9,00																												
			9,50																												
			10,00																												
			10,50					0.45		silty clay, Homogenous, dark grey, firm consistency, medium plasticity, moist	10.45	SPT 5	2	3	3	6/45															
			11,00																												
			11,50																												
			12,00																												
			12,50					0.45		silty clay, Homogenous, dark brown, STIFF consistency, medium plasticity, moist	12.45	SPT 6	3	5	7	12/45															
			13,00																												
25 September 2017			13,50																												
			14,00																												
			14,50					0.45		silty clay, Homogenous, dark brown, STIFF consistency, medium plasticity, moist	14.45	SPT 7	4	6	7	13/45															
			15,00																												
			15,50																												
			16,00																												

*Fernando*  
*A. Beluti*



# GEOLOGIC DRILLING LOG

BH NO  
*B4M121*

**TIGENCO GRAHA PERSADA**  
SOIL INVESTIGATION AND GEOLOGY DIVISION

PROJECT : SOIL INVESTIGATION MEDIAN (53 TITIK) / JAKARTA CIKAMPEK ELEVATED II  
 LOCATION : JAKARTA - CIKAMPEK X,Y,Z I,E,N,Z : *741808.2392, 9299086.382*  
 DATE : *24 Sept - 1 oktober 2017* RIG MACHINE : *YBM 3*  
 END DEPTH : *58.95 m* DRILLMASTER : *Arbiatno*  
 AVERAGE GWL : *4,2 m* LOGGED BY : *Fernando*  
 SURFACE COND. : *FLAT* CHECKED BY :

DATE/SIGNATURE	GWL (M)	WEATHER	DEPTH (M)	CASING DEPTH(M)	CORE RUN (M)	CORE RECOVERY	RQD	DESCRIPTION	SAMPLING SYMBOL	SAMPLING		SPT				NVALUE GRAPH							
										DEPTH	TYPE	N1	N2	N3	N VALUE	0	10	20	30	40	50	60	
<i>28 September 2017</i>	<i>3.20</i>	<i>Clear / cloudy</i>	<i>24,50</i>			<i>0.95</i>		<i>silty clay, Homogenous, dark grey, Hard consistency, medium plasticity, moist.</i>	<i>24.45</i>	<i>SPT</i>	<i>12</i>	<i>9</i>	<i>13</i>	<i>19</i>	<i>32/45</i>								
			<i>25,00</i>																				
			<i>25,50</i>																				
			<i>26,00</i>																				
			<i>26,50</i>				<i>0.95</i>		<i>silty clay, Homogenous, dark grey, Hard consistency, medium plasticity, moist.</i>	<i>26.45</i>	<i>SPT</i>	<i>13</i>	<i>12</i>	<i>16</i>	<i>23</i>							<i>39/45</i>	
			<i>27,00</i>																				
			<i>27,50</i>																				
			<i>28,00</i>																				
			<i>28,50</i>					<i>0.95</i>		<i>silty clay, Homogenous, grey, Hard consistency, medium plasticity, moist.</i>	<i>28.45</i>	<i>SPT</i>	<i>14</i>	<i>13</i>	<i>18</i>							<i>28</i>	<i>46/45</i>
			<i>29,00</i>																				
<i>30-09-2017</i>	<i>5.30m</i>	<i>clear</i>	<i>29,50</i>																				
			<i>30,00</i>																				
			<i>30,50</i>				<i>0.45</i>		<i>silty clay, Homogenous, grey, Hard consistency, medium plasticity, moist.</i>	<i>30.45</i>	<i>SPT</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>20</i>	<i>29</i>	<i>49/45</i>							
			<i>31,00</i>																				
			<i>31,50</i>																				
			<i>32,00</i>																				

*Fernando*  
*AR bekti*

# GEOLOGIC DRILLING LOG

BH NO

B4M121



**TIGENCO GRAHA PERSADA**

SOIL INVESTIGATION AND GEOLOGY DIVISION

PROJECT	: SOIL INVESTIGATION MEDIAN (53 TITIK) / JAKARTA CIKAMPEK ELEVATED II	X,Y,Z I,E,N,Z	: 741808,2392, 9299086,332
LOCATION	: JAKARTA - CIKAMPEK	RIG MACHINE	: 76M3
DATE	: 24 Sept - 1 Oktober 2017	DRILLMASTER	: Ardiatno
END DEPTH	: 50.45 m	LOGGED BY	: Fernando
AVERAGE GWL	: 4.2 m	CHECKED BY	:
SURFACE COND.	: PLAT		

DATE/SIGNATURE	GWL (M)	WEATHER	DEPTH (M)	CASING DEPTH(M)	CORE RUN (M)	CORE RECOVERY	RGD	DESCRIPTION	SAMPLING SYMBOL	SAMPLING		SPT				NVALUE GRAPH						
										DEPTH	TYPE	N1	N2	N3	N VALUE	0	10	20	30	40	50	60
30 Sep to Oct 2017	3.10 m	Clear / cloudy	32,50			0.45		silty clay, Homogenous, grey, Hard consistency, medium plasticity, moist	32.45	SPT 16	13	16	24	40/45	[Graph showing N-value profile for 32.45m depth]							
			33,00												[Graph showing N-value profile for 33.00m depth]							
			33,50												[Graph showing N-value profile for 33.50m depth]							
			34,00												[Graph showing N-value profile for 34.00m depth]							
			34,50				0.45		silty clay, Homogenous, dark grey, Hard consistency, medium plasticity, moist	34.45	SPT 17	16	22	31	53/45	[Graph showing N-value profile for 34.45m depth]						
			35,00													[Graph showing N-value profile for 35.00m depth]						
			35,50													[Graph showing N-value profile for 35.50m depth]						
			36,00													[Graph showing N-value profile for 36.00m depth]						
			36,50				0.45		silty clay, Homogenous, dark grey, Hard consistency, medium plasticity, moist	36.45	SPT 18	13	19	29	48/45	[Graph showing N-value profile for 36.45m depth]						
			37,00													[Graph showing N-value profile for 37.00m depth]						
37,50													[Graph showing N-value profile for 37.50m depth]									
38,00													[Graph showing N-value profile for 38.00m depth]									
38,50					0.45		silty clay, Homogenous, dark brown, Hard consistency, medium plasticity, moist	38.45	SPT 19	11	19	25	44/45	[Graph showing N-value profile for 38.45m depth]								
39,00													[Graph showing N-value profile for 39.00m depth]									
39,50													[Graph showing N-value profile for 39.50m depth]									
40,00													[Graph showing N-value profile for 40.00m depth]									

*[Handwritten signatures]*  
 Fernando  
 Bekti

# GEOLOGIC DRILLING LOG

BH NO  
BHM 121



PROJECT : SOIL INVESTIGATION MEDIAN (53 TITIK) / JAKARTA CIKAMPEK ELEVATED II  
 LOCATION : JAKARTA - CIKAMPEK X,Y,Z I,E,N,Z : 741 808, 2392, 9299086.332  
 DATE : 24 Sept - 1 oktober 2017 RIG MACHINE : Y 18 m 3  
 END DEPTH : 58.45 m DRILLMASTER : Ardianto  
 AVERAGE GWL : 4,2 m LOGGED BY : Fernando  
 SURFACE COND. : FLAT CHECKED BY :

DATE/SIGNATURE	GWL (M)	WEATHER	DEPTH (M)	CASING DEPTH(M)	CORE RUN (M)	CORE RECOVERY	RGD	DESCRIPTION	SAMPLING SYMBOL	SAMPLING		SPT				N VALUE GRAPH						
										DEPTH	TYPE	M1	M2	M3	N VALUE	0	10	20	30	40	50	60
30 September 2017	5.50 m	clear / cloudy	40,50			0.45		Silty clay, Homogenous, dark brown, Hard consistency, medium plasticity, moist	▲	40.45	SPT 20	16	20	28	48/45							
			41,00																			
			41,50																			
			42,00																			
			42,50					0.45	Silty clay, Homogenous, dark brown, Hard consistency, medium plasticity, moist.	▲	42.45	SPT 21	15	23	33		56/45					
			43,00																			
43,50																						
44,00																						
44,50	0.45	Silty clay, Homogenous, grey, Hard consistency, medium plasticity, moist	▲	44.45	SPT 22	12	26	30	56/45													
45,00																						
01 - oktober 2017		clear / cloudy	45,50			0.45		Silty clay, Homogenous, dark brown, Hard consistency, medium plasticity, moist	▲	46.45	SPT 23	11	17	25	42/45							
			46,00																			
			46,50																			
			47,00																			
47,50																						
48,00																						

Fernando  
Bekti



# GEOLOGIC DRILLING LOG

BH NO  
84m 121



**PROJECT** : SOIL INVESTIGATION MEDIAN (53 TITIK) / JAKARTA CIKAMPEK ELEVATED II  
**LOCATION** : JAKARTA - CIKAMPEK X,Y,Z/E,N,Z : 741 8,08, 2392, 9299086.332  
**DATE** : 29 SEPT - 1 Oktober 2017 RIG MACHINE : 48M 3  
**END DEPTH** : 58.45 m DRILLMASTER : Ardianto  
**AVERAGE GWL** : 4.2 m LOGGED BY : Remandi  
**SURFACE COND.** : PLAT CHECKED BY :

DATE/SIGNATURE	GWL (M)	WEATHER	DEPTH (M)	CASING DEPTH(M)	CORE RUN (M)	CORE RECOVERY	RQD	DESCRIPTION	SAMPLING SYMBOL	SAMPLING		SPT				N VALUE GRAPH													
										DEPTH	TYPE	N1	N2	N3	N VALUE	0	10	20	30	40	50	60							
01-10-2017			56,50			0.45		silty clay, Homogenous, dark grey, Hard consistency, medium plasticity, moist	▲	56.45	SPT 28	15	29	34	63/45														
			57,00																										
			57,50																										
			58,00																										
			58,50				0.45	silty clay, Homogenous, dark grey, Hard consistency, medium plasticity, moist	▲	58.45	SPT 29	13	26	35	61/45														
			59,00																										
			59,50																										
			60,00																										
			60,50																										

Remandi

Ardianto Bekti

## Classification

Outside Diameter D	Wall Thickness T	Class	Concrete Cross Section	Unit Weight	Length L	Bending Moment		Allowable Axial Load
						Crack	Ultimate	
(mm)	(mm)		(cm <sup>2</sup> )	(kg/m)	(m)	(ton.m)	(ton.m)	(ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1.159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1.571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2.564	641	6 - 24	40.00	60.00	412.00
		A2				45.00	67.50	408.20
		A3				49.00	73.50	400.70
		B				55.00	99.00	385.20
		C				65.00	130.00	373.10
1000	140	A1	3.782	946	6 - 24	75.00	112.50	614.40
		A2				81.00	121.50	606.40
		A3				95.00	142.50	589.30
		B				105.00	189.00	571.20
		C				120.00	240.00	555.70
1200	150	A1	4.948	1.237	6 - 24	120.00	180.00	759.10
		A2				134.00	201.00	791.10
		A3				156.00	234.00	768.00
		B				170.00	306.00	736.70
		C				200.00	400.00	718.20



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.
NAMA MAHASISWA	: M. Nur Adi Purnomo
NRP	: 03111440000133
JUDUL TUGAS AKHIR	: DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR BUDUNG APARTEMEN TAMANSARI ISWARA BEKASI DENGAN SISTEM BETON PRACETAK
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 020147/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN	
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN		
1		Preliminary Design - Balok Induk - Balok Anak - Pelat - Kolom - Shearwall		03/18 /04	
2		Permodelan Struktur - Kontrol total weight - Kontrol periode & frekuensi - Kontrol gempa - Kontrol partisipasi massa - Kontrol drift - Kontrol sistem ganda (CSW & SRPM)	} Cek ulang	17/18 /04	
3		Penulangan Pelat & tangga Cek dimensi pelat Prcast		09/18 /05	
4		Penulangan Pelat, Tangga, Balok Induk & Balok Anak Sehingga himungan di sertai sketsa		23/18 /05	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	:	
NAMA MAHASISWA	:	
NRP	:	03111440000133.
JUDUL TUGAS AKHIR	:	
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5	4 jui 2018	Gambar Struktur Sekunder dan Primer (kolom & BTI)	Ceh. dimensi kolom Ceh. Tal. Belah ketupat Balok yg pendek? di cek lagi	
6	08/2018 10/16		Panjang Penyaluran konsol ukuran pelat precast Poer pondasi Gambar (huruf disesuaikan) Gambar potongan portal di lift Penghang tulangan luar dalam shearwall → gambar yang kurang diperbaiki	
7.	22/2018 10/16			

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN**  
**PROGRAM SARJANA (S1)**  
**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN**  
**SEMINAR DAN LISAN**  
**TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Kamis tanggal 19 Juli 2018 jam 09.00 WIB telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
0311144000133	Muhammad Nur Adi Purnomo	Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara Bekasi Dengan Sistem Beton Pracetak

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

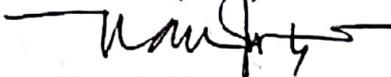
- hal 157 → gambarnya di perbaiki
- Subman gambar di atas lagi. ~~Per~~
- Gambar 31 → tidak ada keterangan
- Gambar 36 → kurang detail → 3/d gbr. 39.
- hal 70 → P. Tavio
- Gambar 36 perlu dilengkapi
- Celu balok 25 x 25 40 x 50
- hal 207. → di celu lagi dinding penahan tatanan.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Tavio, ST. MT. PhD	
Harun Al Rasyid, ST. MT	
Data Iranata, ST. MT. PhD	

Surabaya, 19 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

(Ketua)



**Dr. Ir. Djoko Irawan, MS**

Dosen Pembimbing 2

(Sekretaris)

## BIODATA PENULIS



Muhammad Nur Adi Purnomo, dilahirkan di Medan pada tanggal 14 Nopember 1995 adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Al-Hasbi – Boyolali, SD Semen Cibinong – Bogor, SMP Puspanegara Yayasan Indocement – Bogor, SMAN 2 Cibinong Bogor, kemudian penulis melanjutkan perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yaitu di Jurusan Teknik Sipil pada tahun 2014 dengan NRP 3114100133.

Di Jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil Tugas Akhir di bidang Struktur dengan judul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Tamansari Iswara Bekasi dengan Sistem Beton Pracetak”. Penulis aktif dalam keorganisasian, kepanitiaan, olahraga serta seminar yang diselenggarakan didalam maupun di luar Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS. Penulis dapat dihubungi melalui *email* : adipurnomo95@gmail.com