



TUGAS AKHIR (RC184803)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE  
*PRECAST* DAN *SHEAR WALL***

ALNARDO KHOTANI  
NRP. 03111640000169

Dosen Pembimbing I  
Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Harun Al Rasyid, ST, MT, Ph.D

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





TUGAS AKHIR (RC184803)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE  
*PRECAST* DAN *SHEAR WALL***

ALNARDO KHOTANI  
NRP. 03111640000169

Dosen Pembimbing I  
Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Harun Al Rasyid, ST, MT, Ph.D

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

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





FINAL PROJECT (RC184803)

**STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN FOR 15  
FLOORS APARTMENT USING PRECAST  
CONCRETE AND SHEAR WALL**

ALNARDO KHOTANI  
NRP. 03111640000169

Academic Supervisor I  
Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D

Academic Supervisor II  
Harun Al Rasyid, ST, MT, Ph.D

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

2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE *PRECAST*  
DAN *SHEAR WALL***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**ALNARDO KHOTANI  
NRP. 03111640000169**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D. (Pembimbing I)

2. Harun Al Rasid ST, MT, Ph.D. (Pembimbing II)



**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE *PRECAST* DAN *SHEAR WALL***

**Nama Mahasiswa : Alnardo Khotani**  
**NRP : 03111640000169**  
**Departemen : Teknik Sipil FTSPK – ITS**  
**Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D.**

## **ABSTRAK**

*Pertumbuhan infrastruktur di Indonesia sangat pesat, yang mengakibatkan lahan hunian semakin mahal. Hunian vertikal atau Apartemen dapat menjadi solusi dari harga lahan. Karena Apartemen dapat menampung orang yang lebih banyak dibandingkan rumah dengan luas lahan yang sama.*

*Pembangunan apartemen biasanya menggunakan struktur bangunan beton karena memiliki sifat yang awet dan minim perawatan. Namun struktur bangunan harus didesain dengan prinsip “strong column weak beam” agar tahan terhadap gempa bumi. Pembangunan struktur bangunan beton biasanya menggunakan metode cast in situ dimana dalam pengerjaannya memakan waktu yang lama. Seiring berkembangnya teknologi dalam dunia konstruksi maka permasalahan dalam metode cast in situ dapat diselesaikan dengan metode precast namun harus ada perlakuan khusus pada sambungan antara elemen elemen precast agar dapat bersifat monolit.*

*Dalam tugas akhir ini Gedung Apartemen 52 lantai yang pada kondisi aktualnya menggunakan metode cast in situ akan di modifikasi menjadi Gedung Apartemen 15 Lantai dengan metode precast dan shear wall. Pemilihan metode precast didasari oleh durasi pengerjaan konstruksi. Elemen elemen yang menggunakan metode precast adalah balok, plat, dan kolom namun tidak untuk shear wall. Sambungan antar elemen precast menggunakan sambungan kering atau dry joint yang mengacu pada peraturan ACI 318M-14. Sambungan kering ini menggunakan produk dari Peiko Group. Dalam tugas akhir ini peraturan peraturan yang digunakan penulis adalah SNI 2847-2013, ACI 318M-14*

***Kata Kunci: Beton Precast; Dry Joint; Sambungan kering; Shear Wall; Strong Column Weak Beam***

# **STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN FOR 15 FLOORS APARTMENT USING PRECAST CONCRETE AND SHEAR WALL**

**Student Name : Alnardo Khotani**

**NRP : 03111640000169**

**Department : Civil Engineering FTSPK – ITS**

**Academic Supervisor : Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D.**

**Harun Al Rasyid, ST. MT. Ph.D**

## **ABSTRACT**

*Indonesian infrastructure growth rapidly, it effect the high cost of residential. Apartement could be a solution for the high cost for residential land price. Because apartement can accommodate more people than houses with the same land area.*

*Concrete structure is the most widely use for Apartment structure because it has a high durable and lost maintenance .But the apartment structure must be designed with the principle of "strong column weak beam" to be resistant to earthquakes. Construction of concrete structures usually uses the cast in situ method which takes a long duration to process. Along with the growth of technology in the construction sector , precast method can solved long duration to process. but there must be special treatment in the connection between the precast elements in order to be monolithic.*

*In this final project the 52-story Apartment Building which in its actual condition uses the cast in situ method will be modified into a 15-story Apartment Building with the*

*precast method and shear wall. Selection of precast method is base on duration of construction work. The elements that use the precast method are beams, plates, ,columns and stair but not for shear walls. Connections between precast elements use dry joints which refer to ACI 318M-14 regulations. This dry connection uses products from Peiko Group. In this final project the rules that the author uses are SNI 2847-2013, ACI 318M-14*

***Keyword: Dry Joint; Precast Concrete; Shear Wall; Strong Column Weak Beam***



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat, kasih dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE PRECAST DAN SHEAR WALL” ini dengan baik dan tepat waktu. Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang senantiasa mendukung saya sepenuhnya.
2. Bapak Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D selaku dosen pembimbing I tugas akhir dan selaku dosen wali.
3. Bapak Harun Al Rasyid, ST. MT. Ph.D selaku dosen pembimbing II tugas akhir.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS.
5. Keluarga angkatan S-59, dan rekan-rekan yang telah berjuang bersama dan banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan demi laporan ini.

Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, 20 Januari 2020

Penulis

*“ Halaman sengaja dikosongkan ”*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.2.1 Masalah Umum .....	3
1.2.2 Detail Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Utama .....	4
1.3.2 Tujuan Detail.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Sistem Struktur Gedung .....	7
2.2.1 Sistem Struktur Ganda ( <i>Dual System</i> ).....	7
2.3 Dasar Konstruksi Tahan Gempa.....	8
2.4 Pengertian Beton Pracetak.....	8

2.5 Keunggulan Beton Pracetak .....	8
2.6 Elemen Struktur Beton Pracetak .....	9
2.6.1 Plat Lantai.....	9
2.6.2 Balok .....	10
2.6.3 Kolom.....	10
2.6 Pengertian <i>shear wall</i> .....	11
2.6.1 Pola Keruntuhan Dinding Geser.....	11
2.6.2 Jenis Jenis <i>Shear Wall</i> .....	12
2.7 Sambungan Beton Pracetak.....	14
2.7.1 Jenis jenis sambungan kering .....	14
2.8 Perencanaan Pondasi .....	15
2.8.1 Tiang pancang .....	15
2.8.2 Pile Cap .....	16
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	17
3.1 Umum.....	17
3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	17
3.3 Pengumpulan Data .....	18
3.4 Peraturan peraturan.....	19
3.5 Preliminary Design.....	19
3.5.1 Perencanaan Plat.....	19
3.5.2 Perencanaan Tangga.....	20
3.5.3 Perencanaan Balok Induk.....	20
3.5.4 Perencanaan Balok anak.....	21
3.5.5 Perencanaan Kolom.....	21

3.6 Pembebanan Struktur .....	21
3.6.1 Beban Mati .....	21
3.6.2 Beban Hidup.....	22
3.6.3 Beban Gempa .....	22
3.6.4 Kombinasi Pembebanan .....	25
3.7 Permodelan Struktur.....	26
3.8 Kontrol Permodelan Struktur .....	26
3.9 Perencanaan Struktur Sekunder.....	26
3.9.1 Perencanaan Plat lantai.....	26
3.9.2 Perencanaan Balok Anak.....	27
3.10 Analisa Struktur.....	27
3.11 Perencanaan Struktur Primer.....	28
3.11.1 Penulangan Balok.....	28
3.11.2 Penulangan Kolom .....	31
3.11.3 Penulangan Dinding Geser / Shear Wall .....	31
3.12 Perencanaan Sambungan.....	33
3.13.3 Sambungan Base Plate dengan kolom / Kolom – Kolom.....	34
3.13.4 Sambungan Kolom dengan Balok Induk.....	35
3.13.5 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	36
3.13.6 Sambungan Balok dengan Plat.....	37
3.13 Perencanaan Pengangkatan Elemen Pracetak .....	38
3.13.1 Perencanaan Pengangkatan Plat Lantai .....	38
3.13.2 Perencanaan Pengangkatan Balok.....	40

3.13.3 Perencanaan Pengangkatan Kolom .....	40
3.14 Pondasi .....	41
3.13.2 Perhitungan P ijin .....	41
3.13.3 Perhitungan Jumlah Tiang pancang.....	41
3.13.4 Perhitungan Efisiensi Tiang .....	42
3.13.5 Perhitungan Geser Ponds Pada Poer.....	42
3.15 Output Design .....	42
<b>BAB IV Preliminary Design .....</b>	<b>43</b>
4.1 Umum.....	43
4.2 Data Perencanaan .....	43
4.3 Pembebanan .....	43
4.4 Perencanaan Dimensi Balok.....	44
4.4.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk .....	44
4.4.2 Perencanaan Dimensi Balok Kantilever .....	45
4.4.3 Perencanaan Balok Anak.....	46
4.5 Perencanaan Pelat Lantai.....	47
4.6 Perencanaan Kolom.....	50
4.6.1 Data Perencanaan .....	50
4.6.2 Perhitungan Pembebanan .....	50
4.6.3 Perhitungan Dimensi Kolom .....	53
4.7 Perencanaan <i>Shear Wall</i> .....	54
4.8 Perencanaan Tangga.....	55
<b>BAB V Perhitungan Struktur Sekunder .....</b>	<b>57</b>
5.1 Perencanaan Struktur Plat .....	57

5.1.1 Perencanaan Plat Lantai .....	57
5.1.2 Lendutan pada Plat .....	75
5.2 Perencanaan Balok Anak.....	75
5.2.1 Perencanaan pembebanan pada balok anak.....	76
5.2.2 Data Perencanaan .....	77
5.2.3 Pembebanan.....	77
5.2.4 Penulangan Lentur Balok Anak.....	77
5.2.5 Perhitungan Tulangan Geser .....	88
5.2.6 Pengangkatan Balok Anak .....	92
5.2.7 Pemilihan Profil Pengangkatan .....	93
5.3 Perancangan Tangga.....	95
5.3.1 Data Perencanaan .....	95
5.3.2 Pembebanan Anak Tangga dan Plat Bordes.....	96
5.3.3 Perhitungan Gaya dalam Tangga.....	97
5.3.4 Perhitungan Tulangan Tangga.....	101
5.3.5 Pengangkatan Tangga.....	108
5.3.6 Pemilihan Profil Pengangkatan .....	110
5.4 Perencanaan Balok Kantilever .....	111
5.4.1 Data Perencanaan .....	111
5.4.2 Pembebanan.....	112
5.4.3 Penulangan Lentur Balok Kantilever .....	113
5.4.4 Perhitungan Tulangan Geser .....	122
5.4.5 Pengangkatan Balok Kantilever .....	125
5.4.6 Pemilihan Profil Pengangkatan .....	127

<b>BAB VI Pembebanan dan Analisa Struktur</b> .....	129
6.1 Umum.....	129
6.2 Permodelan Struktur.....	129
6.3 Pembebanan .....	129
6.3.1 Beban Mati .....	129
6.3.2 Beban Hidup.....	131
6.3.3 Beban Gempa Dinamis.....	131
6.4 Kontrol Desain .....	135
6.4.1 Kontrol Beban secara manual dengan Program bantu.....	135
6.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	136
6.4.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik (Base Shear) ....	138
6.4.4 Kontrol Partisipasi Massa.....	142
6.4.5 Kontrol Drift.....	142
6.4.6 Kontrol Dual System .....	146
<b>BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER</b> .....	147
7.1 Umum.....	147
7.2 Perencanaan Balok Induk .....	147
7.2.1 Data Perencanaan .....	148
7.2.3 Pembebanan Balok Induk.....	148
7.2.4 Penulangan Lentur Balok Induk .....	149
7.2.5 Penulangan Geser pada Balok Induk.....	164
7.2.6 Penulangan Torsi pada Balok Induk.....	172
7.2.7 Pengangkatan Balok Induk.....	173



7.2.8 Pemilihan Profil Pengangkatan .....	175
7.3 Perencanaan Kolom.....	176
7.3.1 Data Perencanaan .....	177
7.3.2 Beban pada Kolom.....	177
7.3.3 Kontrol Dimensi Kolom.....	178
7.3.4 Penulangan Longitudinal Kolom.....	178
7.3.5 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom.....	179
7.3.6 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom .....	180
7.3.7 Kontrol Gaya Geser Kolom.....	180
7.3.8 Perencanaan Tulangan Geser .....	181
7.3.9 Penulangan Torsi pada Kolom .....	183
7.3.10 Kontrol Strong Column Weak.....	183
7.3.11 Pengangkatan Kolom Pracetak.....	184
7.3.12 Pemilihan Profil Pengangkatan. ....	185
7.4 Perencanaan <i>Shear Wall</i> .....	186
7.4.1 Data Perencanaan .....	186
7.4.2 Kontrol Dimensi Dinding Geser.....	187
7.4.3 Kontrol Penampang Terhadap Geser.....	188
7.4.4 Kontrol Dimensi Terhadap Gaya Aksial .....	188
7.4.3 Penulangan <i>Shear Wall</i> .....	189
<b>BAB VIII Perencanaan Sambungan Pracetak .....</b>	<b>197</b>
8.1 Umum.....	197
8.2 Konsep Desain Sambungan.....	197
8.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak.....	198

8.3.1 Data Perencanaan .....	199
8.3.2 Perhitungan Tulangan konsol .....	199
8.4 Perencanaan Sambungan Balok Kolom .....	203
8.4.1 Data Perencanaan .....	203
8.4.2 Perencanaan <i>Single Sided Connector</i> .....	203
8.4.3 Perencanaan <i>Double Sided Connection</i> .....	207
8.5 Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak .	211
8.5.1 Data Perencanaan .....	211
8.5.2 Perencanaan <i>Single Sided Connection</i> .....	211
8.5.3 Perencanaan <i>Double Sided Connection</i> .....	214
8.6 Perencanaan Sambungan Plat lantai dan Balok Induk ....	219
8.7 Perencanaan Sambungan Tangga dengan <i>shear wall</i> .....	220
8.7.1 Data Perencanaan .....	220
8.7.2 Panjang Penyaluran Kondisi Tarik.....	220
8.8 Perencanaan Sambungan Kolom dan Kolom .....	222
8.8.1 Perencanaan Sambungan Antar Kolom Sejenis .....	222
8.8.2 Perencanaan Sambungan Antar Kolom Berbeda Dimensi... ..	223
<b>BAB IX PERENCANAAN PONDASI .....</b>	<b>225</b>
9.1 Umum.....	225
9.2 Beban Struktur.....	225
9.3 Spesifikasi Tiang Pancang.....	227
9.4 Data Tanah .....	227
9.5 Daya Dukung.....	227

9.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	227
9.5.2 Jarak Antar Tiang Pancang.....	233
9.5.3 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang dalam Grup.....	234
9.5.4 Kontrol Kuat Tiang terhadap Gaya Lateral .....	238
9.6 Perencanaan Poer pada Kolom.....	242
9.6.1 Kontrol Geser .....	242
9.6.2 Penulangan Lentur.....	245
9.6.3 Perencanaan Tusuk Konde .....	251
9.7 Perencanaan Sloof .....	251
<b>BAB X METODE PELAKSANAAN.....</b>	<b>255</b>
10.1 Umum.....	255
10.2 Pengangkatan dan Penempatan Crane.....	255
10.3 Transportasi Elemen Beton Pracetak.....	256
10.4 Metode Pelaksanaan Elemen Pracetak .....	256
10.4.1 Pemasangan Kolom pracetak .....	256
10.4.2 Pemasangan Balok Pracetak pada Kolom .....	258
10.4.3 Pemasangan Balok Anak pada Balok Induk.....	259
10.4.3 Pemasangan Plat pada Balok Induk .....	259
<b>BAB XI PENUTUP .....</b>	<b>261</b>
11.1 Kesimpulan.....	261
11.2 Saran.....	263
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>273</b>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Plat lantai ( sumber: <a href="http://www.peikko.com/products/product/pbh-corbel/photos-and-videos">www.peikko.com/ products/ product/ pbh-corbel/ photos-and-videos</a> ) .....	10
Gambar 2. 2 Balok (Novdin M Sianturi, 2012).....	10
Gambar 2. 3 Bangunan dengan shear wall .....	13
Gambar 2. 4 Core Wall.....	13
Gambar 2. 5 Sambungan baut ( Sumber : Adimas bagus 2013)..	14
Gambar 2. 6. Sambungan las ( Sumber : Charles 2010).....	15
Gambar 2. 7 Pondasi Tiang Pancang.....	16
Gambar 3. 1. Diagram Alir.....	17
Gambar 3. 2. Ss, Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget.....	23
Gambar 3. 3. S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget.....	23
Gambar 3. 4. Diagram alir perhitungan tulangan lentur plat.....	27
Gambar 3. 5. Diagram.aliran perhitungan tulangan lentur .....	28
Gambar 3. 6. (a) Animasi sambungan pada kolom (b) Eksisting sambungan kolom (c) Animasi baut pada base plate (d) Eksisting baut pada base plate (sumber: <a href="http://www.peiko.com">www.peiko.com</a> ).....	35
Gambar 3. 7. (a) Animasi Sambungan Balok (b) Angkur pada kolom (COPRA® Anchoring Coupler) (sumber: <a href="http://www.peiko.com">www.peiko.com</a> ) .....	36
Gambar 3. 8 Sambungan antara Balok induk dan Balok Anak ( Iqbal,2018) .....	37
Gambar 3. 9 Sambungan Balok dengan Plat lantai .....	38
Gambar 3. 10. 4 Titik angkat (PCI Handbook 5 <sup>th</sup> Edition).....	39
Gambar 3. 11. 8 titik angkat (PCI Handbook 5 <sup>th</sup> Edition).....	39
Gambar 3. 12. Momen yang terjadi pada balok .....	40
Gambar 3. 13. Momen yang terjadi pada kolom .....	41
Gambar 4. 1 Plat P17.....	48

Gambar 5. 1 Potongan Denah Lantai (P17).....	58
Gambar 5. 2 Potongan Plat.....	60
Gambar 5. 3 Pengangkatan Plat dengan 8 titik angkat.....	68
Gambar 5. 4 Profil PSA.....	74
Gambar 5. 5 Profil Kait JL.....	74
Gambar 5. 6 Kait Jengka Lifter.....	74
Gambar 5. 7 Rekapitulasi Tulangan Plat.....	75
Gambar 5. 8 Distribusi beban pada balok anak.....	76
Gambar 5. 9 Ilustrasi pengangkatan balok anak.....	86
Gambar 5. 10 Profil BSA.....	94
Gambar 5. 11 Profil Kait JL.....	94
Gambar 5. 12 JENGKA Lifter.....	94
Gambar 5. 13 Beban pada Tangga.....	97
Gambar 5. 14 Diagram gaya dalam pada tangga.....	100
Gambar 5. 15 Profil BSA.....	110
Gambar 5. 16 Profil Kait JL.....	111
Gambar 5. 17 JENGKA Lifter.....	111
Gambar 5. 18 Distribusi Beban pada Balok Kantilever.....	113
Gambar 5. 19 Ilustrasi pengangkatan balok anak.....	120
Gambar 5. 20 Profil BSA.....	127
Gambar 5. 21 Profil Kait JL.....	127
Gambar 5. 22 JENGKA Lifter.....	128
Gambar 6. 1 Peta Indonesia untuk menentukan (a) periode pendek 0.2 Detik ( $S_1$ ) dan (b) periode 1 Detik ( $S_s$ ).....	132
Gambar 7. 1 Beban pada balok induk.....	148
Gambar 7. 2 Ilustrasi pengangkatan balok anak.....	162
Gambar 7. 3 (a) Profil WAS dan (b) profil kait JL.....	175
Gambar 7. 4 JENKA lifter.....	176

Gambar 7. 5 Denah Perencanaan Kolom Pracetak.....	177
Gambar 7. 6 Diagram interaksi Kolom K11 .....	179
Gambar 7. 7 Mounting Shaft.....	186
Gambar 7. 8 Rope Strut.....	186
Gambar 7. 9 Letak Shear wall.....	187
Gambar 7. 10 Diagram interaksi shear wall arah X .....	189
Gambar 7. 11 Diagram Interaksi shear wall arah Y .....	190
Gambar 8. 1 Detail sambungan pada Balok dengan Kolom.....	197
Gambar 8. 2 Detail Sambungan Kolom dengan Base Plate .....	198
Gambar 8. 3 Detail tulangan konsol pendek .....	198
Gambar 9. 1 Grafik P ijin tanah .....	232
Gambar 9. 2 Poer Tipe 1 .....	233
Gambar 9. 3 Tiang pancang Tipe 2 .....	234
Gambar 9. 4 Grafik influence value for laterally loaded pile....	239
Gambar 9. 5 Grafik Influence value for laterally loaded pile....	240
Gambar 9. 6 Momen Positif dan Momen Negatif Poer Tipe 1 ..	246
Gambar 9. 7 Konfigurasi tulangan pada Sloof .....	253
Gambar 10. 1 PPL Anchor Bolt .....	256
Gambar 10. 2 Pengecoran pada base plate dan penanaman Anchor Bolt.....	257
Gambar 10. 3 Pemasangan Kolom pada Base Plate .....	257
Gambar 10. 4 Grouting pada sambungan Kolom dan Base Plate .....	257
Gambar 10. 5 Sambungan BECO pada Balok.....	258
Gambar 10. 6 Ilustrasi sambungan pada Balok induk.....	258
Gambar 10. 7 Sambungan pada balok anak pada balok induk..	259

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi balok induk .....	45
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi balok kantilever.....	46
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Balok Anak.....	47
Tabel 4. 4 Arah Plat.....	48
Tabel 4. 5 Rekapitulasi tebal plat .....	50
Tabel 4. 6 Beban Mati Lantai.....	51
Tabel 4. 7 Beban Hidup Lantai .....	51
Tabel 4. 8 Beban Mati Atap .....	52
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Dimensi Kolom .....	54
Tabel 5. 1 Rekapitulasi tulangan balok anak.....	95
Tabel 5. 2 Rekapitulasi tulangan pada tangga.....	111
Tabel 5. 3 Rekapitulasi tulangan balok kantilever .....	128
Tabel 6. 1 Rekapitulasi Beban Struktur.....	130
Tabel 6. 2 Rekapitulasi Beban Hidup.....	131
Tabel 6. 3 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	136
Tabel 6. 4 Koefisien untuk batas atas pada periode yang di hitung .....	137
Tabel 6. 5 Periode Fundamental.....	137
Tabel 6. 6 Berat efektif struktur .....	139
Tabel 6. 7 Gaya Geser akibat Gempa Arah X dan Arah Y .....	140
Tabel 6. 8 Gaya Geser akibat Gempa X dan Gempa Y setelah dikali dengan faktor skala.....	141
Tabel 6. 9 Partisipasi Massa .....	142
Tabel 6. 10 Simpangan antar lantai ijin.....	144
Tabel 6. 11 Defleksi akibat beban gempa X.....	144
Tabel 6. 12 Defleksi akibat beban gempa Y.....	145
Tabel 6. 13 Hasil reaksi perletakan .....	146

Tabel 7. 1 Perhitungan Mpr balok induk.....	168
Tabel 7. 2 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk .....	176
Tabel 7. 3 Rekapitulasi Tulangan Kolom.....	186
Tabel 8. 1 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk ke Kolom ....	210
Tabel 8. 2 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak ke Balok Induk .....	218
Tabel 9. 1 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek.....	202
Tabel 9. 2 Joint Reaction pada Kolom .....	226
Tabel 9. 3 Joint Reaction pada Shear wall. ....	226
Tabel 9. 4 Rekapitulasi Daya Dukung Tanah.....	230
Tabel 9. 5 Rekapitulasi Beban Maksimum dalam 1 group (tipe 1) .....	237
Tabel 9. 6 Rekapitulasi Beban Maksimum dalam 1 group (tipe 2) .....	237
Tabel 9. 7 Rekapitulasi Defleksi dan Momen pada Poer Tipe I	241
Tabel 9. 8 Rekapitulasi Defleksi dan Momen pada Poer Tipe II .....	241
Tabel 11. 1 Rekapitulasi Dimensi Struktur Sekunder .....	261
Tabel 11. 2 Rekapitulasi Dimensi Struktur Primer .....	262

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah negara yang rawan terjadi gempa. Hal ini disebabkan karena Indonesia berada pada posisi Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*), yaitu daerah “tapak kuda” sepanjang 40.000 km yang sering mengalami gempa bumi dan letusan gunung berapi yang mengelilingi cekungan Samudra Pasifik. Sekitar 90% dari gempa bumi yang terjadi dan 81% dari gempa bumi terbesar terjadi di sepanjang Cincin Api ini. Gempa bumi dapat mengakibatkan jatuhnya korban luka sampai korban jiwa. Berdasarkan data statistik dari Pusat Gempa Nasional Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), selama 2018 terjadi aktivitas gempa sebanyak 11.577 kali dalam berbagai magnitudo dan kedalaman. Salah satu aktivitas gempa besar pada tahun 2018 melanda Palu, Sulawesi Tengah, Menurut data Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), lebih dari 5.000 Bangunan di Palu dan Donggala rusak akibat gempa. Salah satu yang menjadi sorotan adalah Mall dan Rumah sakit mengalami kerusakan parah dan ambruk.

Disisi lain, pada masa pembangunan sekarang ini, kebutuhan akan lahan hunian semakin meningkat sehingga menyebabkan semakin mahal harga lahan hunian. Untuk harga lahan hunian sederhana di perkotaan sudah sangat sulit untuk dijangkau oleh masyarakat menengah ke bawah. Menurut hasil Survei Harga Properti Residensial (SHPR), tercatat Surabaya merupakan kota dengan pertumbuhan harga rumah tertinggi dari kuartal II-2017 ke kuartal II-2018 dengan pertumbuhan sebesar 6,64% yang diikuti oleh Bandung dengan 6,33% dan Medan sebesar 5,33%. Maka dari itu, hunian vertikal atau yang sering disebut apartemen dapat dijadikan solusi untuk menghindari harga lahan hunian yang sudah mahal terutama di kota Surabaya.

Hunian vertikal atau yang sering disebut apartemen dapat dijadikan sebagai solusi hunian yang dapat menampung orang yang lebih banyak dibandingkan rumah dengan luas lahan yang sama mempunyai kekurangan dari segi metode pelaksanaan. Saat ini, pembangunan apartemen umumnya menggunakan cara konvensional atau pengecoran in-situ. Menurut (Affandi 2004) pengecoran in-situ memerlukan waktu konstruksi yang lama karena karena masing-masing elemen struktur yang saling ketergantungan harus dikerjakan secara berurutan, mutu kurang terjamin, terutama permukaan betonnya tidak sehalus beton precast, membutuhkan banyak bekisting dan pekerja, tergantung cuaca, sangat tergantung keahlian pelaksana

Metode pelaksanaan dengan beton pracetak dapat menjadi solusi dari permasalahan tersebut. Menurut SNI 7832-2012 pasal 3.1, Beton pracetak adalah konstruksi bangunan yang komponen bangunannya difabrikasi/dicetak terlebih dahulu di pabrik atau di lapangan, lalu disusun di lapangan untuk membentuk satu kesatuan bangunan gedung. Keunggulan beton pracetak dibanding dengan beton konvensional adalah waktu pengerjaan yang singkat dan kualitas beton yang dihasilkan terjaga karena proses pembuatannya dilakukan dalam pabrik. Sehingga pembangunan menggunakan metode pracetak dapat mendukung perkembangan negara Indonesia.

Pracetak juga memiliki kelemahan dalam menahan beban lateral / gempa dan ditambah dengan kondisi alam Indonesia yang sering dilantada gempa, sehingga diperlukan struktur tambahan yang dapat menyerap beban gempa. Solusi untuk meminimalisir kondisi kerusakan bangunan akibat gempa yaitu dengan perencanaan *shear wall*. *Shear wall* adalah elemen struktur berbentuk dinding beton bertulang yang berfungsi untuk menahan gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi atau gaya lainnya pada gedung bertingkat dan bangunan tinggi. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. ( Iswandi

2014). *Shear wall* biasanya ditempatkan pada bagian dalam / inti bangunan yang biasanya di isi dengan *lift* / tangga.

Gedung gedung tinggi di Indonesia didisain menggunakan prinsip tahanan terhadap gempa atau yang disebut *strong column weak beam* dimana jika terjadi gempa maka gedung akan rusak tetapi tidak roboh, ini disebabkan karena balok akan mengalami pelelehan terlebih dahulu. Namun gedung yang sudah terkena gempa tidak dapat digunakan kembali karena sudah terjadi pelelehan pada balok. Sehingga gedung tinggi sudah terkena gempa harus di robohkan.

Dari permasalahan di atas, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen 15 lantai dengan metode *precast* dan *shear wall*. Perencanaan sistem rangka momen akan menggunakan sistem rangka momen khusus.

## 1.2 Rumusan Masalah

### 1.2.1 Masalah Umum

Bagaimana merencanakan ulang struktur Apartemen dengan metode *precast* dan *shear wall*

### 1.2.2 Detail Masalah

Detail masalah yang akan ditinjau pada perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* struktur Apartemen.
2. Bagaimana menentukan pembebanan struktur Apartemen.
3. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur Apartemen dengan menggunakan program bantu ETABS.
4. Bagaimana merencanakan tulangan dan control dimensi elemen struktur Apartemen?

5. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak agar tahan terhadap gempa.
6. Bagaiaman merancang sistem struktur shear wall pada Apartemen?
7. Bagaimana merancang pondasi dari struktur Apartemen yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda ?
8. Bagaimana membuat gamabr teknik dari hasil perhitungan struktur Apartemen dengan menggunakan metode beton pracetak dan struktur shear wall ?

### 1.3 Tujuan

#### 1.3.1 Tujuan Utama

Tujuan utama perencanaan Apartemen 15 Lantai adalah:

Mampu merencanakan dan menetapkan metode beton pracetak dalam pemabangunan seluruh komponen struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.

#### 1.3.2 Tujuan Detail

Tujuan detail perencanaan Apartemen 15 Lantai adalah:

1. Menentukan *preliminary design* struktur Apartemen.
2. Menentukan pembebanan struktur.
3. Melakukan analisa permodelan struktur Apartemen dengan menggunakan program bantu SAP 2000/ETABS.
4. Merencanakan tulangan dan control dimensi elemen struktur Apartemen
5. Merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak agar tahan terhadap gempa.
6. Merancang sistem *shear wall* pada Apartemen

7. Merancang pondasi dari struktur Apartemen yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda
8. Membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Apartemen dengan menggunakan metode beton pracetak dan struktur *shear wall*

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan Apartemen adalah :

1. Perencanaan tidak meninjau dari segi arsitektur gedung.
2. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi beton pracetak, analisa waktu, dan anggaran biaya yang digunakan.
3. Struktur bangunan yang direncanakan hanya sampai 15 lantai.
4. Perencanaan tidak meninjau dari segi *electrical* dan *plumbing*.
5. Perencanaan tidak menghitung *retaining wall* pada *basement*.

#### 1.5 Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah untuk dapat mengetahui cara perhitungan desain “Apartemen 15 Lantai” sehingga dapat menjadi acuan dalam perencanaan gedung apartemen terutama menggunakan metode Pracetak dan sistem *shear wall*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Umum

Dalam tugas akhir ini Struktur Gedung Apartemen 15 Lantai dimodifikasi agar tahan terhadap untk menerima beban yang terjadi .Dalam bab ini akan membahas jurnal jurnal dan teori yang berkaitan Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen 15 Lantai dengan metode *precast* dan sistem *shear wall*.

#### 2.2 Sistem Struktur Gedung

Terdapat beberapa sistem struktur gedung yang digunakan sebagai sistem penahan gaya gempa pada gedung tinggi. Pada sub bab berikut ini akan hanya menjelaskan sistem struktur penahan gaya gempa yang berkaitan dengan tugas akhir yaitu :

##### 2.2.1 Sistem Struktur Ganda (*Dual System* )

Sistem Struktur yang merupakan gabungan sistem struktur rangka pemikul momen dengan sistem struktur *shear wall*. Sistem ganda akan memberikan kemampuan pada bangunan untuk menahan beban yang lebih baik terutama terhadap beban gempa. Penggunaan dinding beton bertulang (RC-Wall) pada struktur gedung yaitu sebagai penahan beban lateral dan juga diharapkan mampu mereduksi gaya geser yang lebih besar dari elemen struktur lainnya akibat gempa (Raja Parulian P, 2016)

Konsep “*strong column weak beam*” pada sistem rangka pemikul momen khusus memiliki konsep bahwa kolom harus memiliki kekakuan yang lebih tinggi daripada balok, sehingga terjadi sendi plastis pada ujung ujung balok dan di kolom paling bawah..

### 2.3 Dasar Konstruksi Tahan Gempa

Taraf keamanan minimum untuk bangunan gedung dan rumah tinggal yang masuk dalam kategori bangunan tahan gempa, yaitu yang memenuhi syarat berikut ini :

1. Bila terjadi gempa bumi yang lemah, maka bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali.
2. Bila terjadi gempa bumi sedang, maka bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non-struktural, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktur utama.
3. Bila terjadi gempa bumi yang sangat kuat, maka bangunan tersebut boleh runtuh baik sebagian maupun seluruhnya; namun bangunan harus memiliki sifat daktilitas agar memiliki waktu sebelum runtuh secara keseluruhan.

### 2.4 Pengertian Beton Pracetak

Beton pracetak adalah beton yang dibuat/fabrikasi , di cetak dan di *curing* pada tempat yang bukan tujuan akhir. Jarak antara tempat fabrikasi dengan jarak lapangan mungkin hanya berjarak beberapa meter, atau mungkin berjarak ribuan kilometer di mana metode pracetak di tempat berguna untuk menghindari biaya yang mahal dalam pengiriman. Umumnya produk yang bernilai tambah tinggi di mana manufaktur dan biaya pengangkutan lebih murah (Elliot, 2002)

### 2.5 Keunggulan Beton Pracetak.

Keunggulan beton pracetak dibandingkan dengan beton konvensional antara lain (Hendrawan Wahyudi dan Hery Dwi Hanggoro, 2010) :

1. Pelaksanaan konstruksi yang lebih sederhana.
2. Waktu pelaksanaan yang cepat.
3. Struktur elemen pracetak dapat dilaksanakan di pabrik bersamaan dengan pelaksanaan pondasi di lapangan.

4. Penggunaan material yang optimum serta mutu bahan yang baik.
5. Struktur elemen pracetak sangat ekonomis dibandingkan dengan struktur yang dilaksanakan di tempat (*cast in-situ*) karena penggunaan cetakan beton yang tidak banyak variasi dan biasa digunakan berulang-ulang, mutu material yang dihasilkan pada umumnya sangat baik.
6. Penyelesaian *finishing* mudah.
7. Tidak dibutuhkan lahan proyek yang luas, mengurangi kebisingan, lebih bersih dan ramah lingkungan.
8. Elemen pracetak yang dihasilkan selalu melalui pengujian laboratorium di pabrik untuk mendapatkan struktur yang memenuhi persyaratan, baik dari segi kekuatan maupun dari segi efisiensi..
9. Sertifikasi untuk mendapatkan pengakuan Internasional. Apabila hasil produksi dari elemen pracetak memenuhi standarisasi yang telah ditetapkan, maka dapat diajukan untuk mendapatkan sertifikasi ISO 9002 yang diakui secara internasional.
10. Mengurangi biaya karena pengurangan pemakaian alat-alat penunjang, seperti : *scaffolding* dan lain-lain.

## 2.6 Elemen Struktur Beton Pracetak

### 2.6.1 Plat Lantai

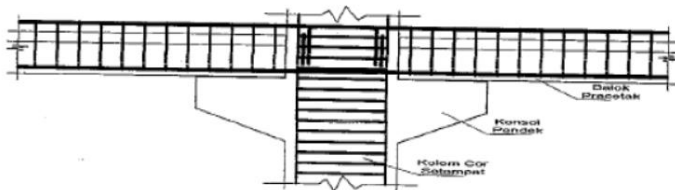
Pelat lantai merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horizontal dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar. Pelat lantai biasanya ditumpu oleh gelagar atau balok beton bertulang, oleh dinding pasangan batu atau beton bertulang, oleh batang-batang struktur baja secara langsung oleh kolom, atau bertumpu secara menerus ke tanah (Widya Desni Sitorus, 2016)



Gambar 2. 1 Plat lantai ( sumber: [www.peikko.com/products/product/pbh-corbel/photos-and-videos](http://www.peikko.com/products/product/pbh-corbel/photos-and-videos))

### 2.6.2 Balok

Balok merupakan bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang yang memiliki fungsi sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban.



Gambar 2. 2 Balok (Novdin M Sianturi, 2012)

### 2.6.3 Kolom

Struktur Kolom adalah struktur vertikal pada gedung yang berfungsi untuk menyalurkan gaya tekan aksial, dengan atau

tanpa momen, dari pelat lantai dan atap ke pondasi (Iswandi Irman 2014)., Kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau.

Pada tugas akhir ini kolom di rencanakan dengan metode precast (*precast*) yang menggunakan sambungan kering. Kolom menggunakan beton bertulang dengan tulangan pokok memanjang dan pada jarak tertentu diikat dengan sengkang ke arah lateral.

## 2.6 Pengertian *shear wall*

*Shear wall* adalah jenis struktur dingin yang berbentuk dingin beton bertulang yang berfungsi untuk menahan beban lateral dan beban gempa. *Shear wall* ini memiliki sifat yang kaku sehingga dapat mengurangi defleksi dari suatu gedung. Perilaku dinding geser tergantung pada bahan yang digunakan, ketebalan dinding, panjang dinding, dan posisi dinding dalam struktur bangunan (Fathalizadeh, 2017).. Struktur rangka dengan dinding geser menghasilkan momen, dan gaya geser pada balok dan kolom yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur rangka yang dimodelkan tanpa dinding geser. Hal ini disebabkan karena kekakuan struktur rangka dengan pemodelan dinding geser lebih besar dibandingkan kekakuan struktur rangka tanpa dinding geser (Putu Bagus 2011).

### 2.6.1 Pola Keruntuhan Dinding Geser

Dinding geser (*shear wall*) sebagai struktur penahan gaya lateral memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertical pada sistem lateral struktur gedung. Struktur gedung dengan *shear wall* pada umumnya memiliki *performance* yang cukup baik pada saat gempa (Iswandi dkk, 2008). Beberapa

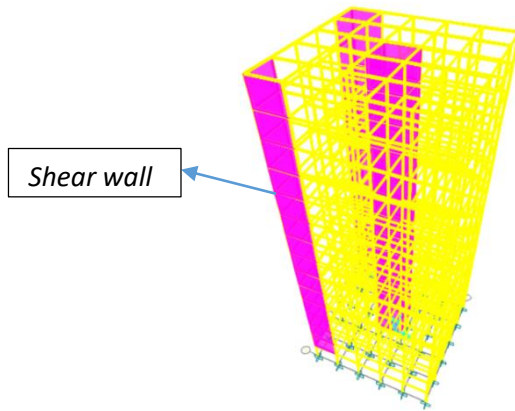
kerusakan *shear wall* yang diakibatkan oleh gempa pada umumnya berupa *cracking*, yang terjadi pada dasar dinding.

Perilaku batas yang terjadi pada dinding geser dapat diklasifikasikan sebagai berikut ( Pantazopoulou dan Imran, 1992) :

- Flexural behavior, dimana respons yang terjadi pada dinding akibat gaya luar dibentuk oleh mekanisme kelelahan pada tulangan yang menahan lentur. Keruntuhan jenis ini pada umumnya bersifat daktil.
- Flexural-shear behavior, dimana kelelahan yang terjadi pada tulangan yang menahan lentur diikuti dengan kegagalan geser.
- Shear behavior, dimana dinding runtuh akibat geser tanpa adanya kelelahan pada tulangan yang menahan lentur. Perilaku batas ini bisa dibagi lagi menjadi diagonal tension shear failure (yang dapat bersifat daktil, karena keruntuhan terjadi terlebih dahulu pada baja tulangan) dan diagonal compression shear failure (yang umumnya bersifat brittle)
- Sliding shear behavior, dimana di bawah pembebanan siklik bolak balik, sliding shear bisa terjadi akibat adanya flexural cracks yang terbuka lebar di dasar dinding. Keruntuhan jenis ini sifatnya getas dan menghasilkan perilaku disipasi yang jelek.

### 2.6.2 Jenis Jenis *Shear Wall*

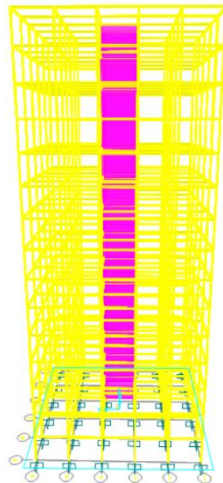
*Shear Wall* memiliki 3 jenis yang secara umum mudah dicari, namun pada sub bab berikut akan hanya membahas jenis *shear wall* yang digunakan pada tugas akhir ini.



Gambar 2. 3 Bangunan dengan *shear wall*

#### 2.6.2.1 *Core wall*

*Core wall* adalah dinding geser (*shear wall*) yang terletak pada bagian pusat dari gedung yang biasanya di isi dengan lift maupun tangga. *Core wall* ini menggunakan metode *cast in situ*.



Gambar 2. 4 *Core Wall*

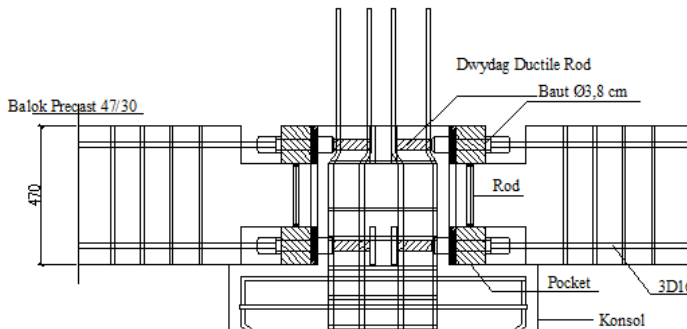
## 2.7 Sambungan Beton Pracetak

Sambungan beton pracetak memiliki fungsi menyatukan komponen – komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan struktur yang monolit. Dalam dunia pracetak terdapat 2 jenis sambungan yaitu sambungan kering (*dry joint*) dan sambungan basah (*wet joint*). Pada sub bab berikut ini akan hanya membahas sambungan yang digunakan yaitu sambunga kering (*dry joint*).

### 2.7.1 Jenis jenis sambungan kering

#### 2.7.1.1 Sambungan baut

Penyambungan komponen pracetak dengan baut ini memerlukan plat baja di kedua elemen betok pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Selanjutnya plat tersebut dicor dengan, adukan beton guna melindungi dari korosi.



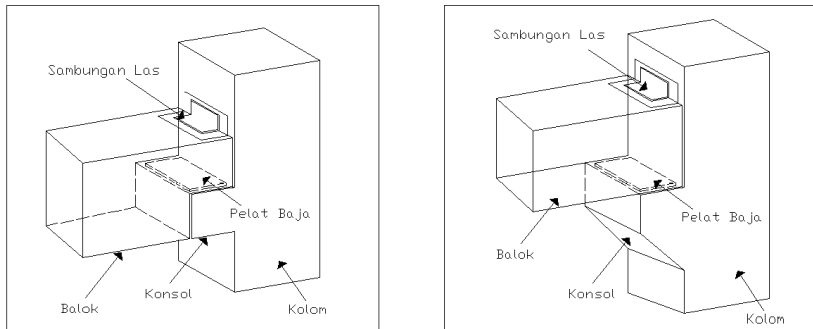
Gambar 2. 5 Sambungan baut ( *Sumber : Adimas bagus 2013*)

#### 2.7.1.2 Sambungans Las

Sambungan ini sedikit berbeda dengan sambungan baut dimana pada sambungan las memerlukan plat baja yang tertanam



dalam komponen pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti pada gambar 2.10. Melalui plat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup plat sambungan tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi plat dari korosi.



Gambar 2. 6. Sambungan las ( Sumber : Charles 2010)

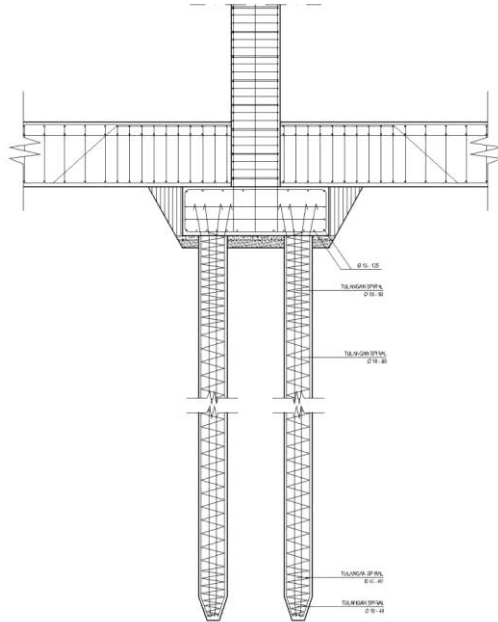
## 2.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah yang sentuhan langsung dengan tanah. Fungsi pondasi adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi dan tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan ( Siti.2016 ). Pada sub bab berikut ini hanya akan membahas pondasi yang digunakan yaitu pondasi tiang pancang.

### 2.8.1 Tiang pancang

Tiang pancang merupakan jenis pondasi yang berbentuk tiang silinder atau tiang kotak dengan panjang sekitar 10 m sampai 30 m. Penggunaan tiang pancang sebagai pondasi

dikarenakan daya dukung ( *bear capacity* ) yang tidak cukup kuat untuk menahan beban dari struktur di atasnya.



Gambar 2. 7 Pondasi Tiang Pancang

### 2.8.2 Pile Cap

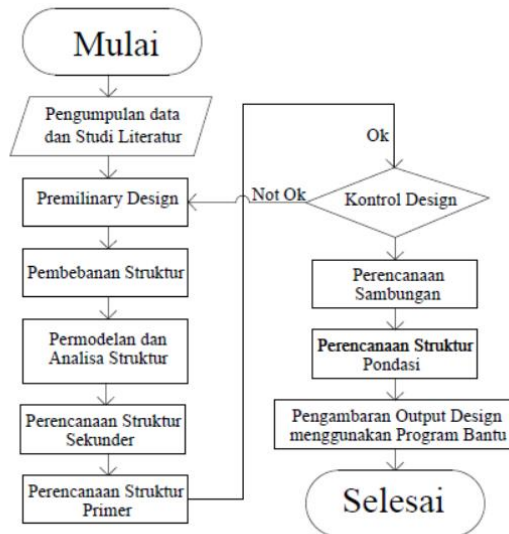
Pile Cap merupakan bagian dari pondasi yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas tiang pancang. Pile cap ini bertujuan agar letak kolom berada di pusat pondasi sehingga tidak akan terjadi eksentrisitas yang dapat menyebabkan tambahan beban pada pondasi.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Umum

Sebelum mengerjakan Tugas Akhir dengan judul Modifikasi Apartemen dengan menggunakan metode precast dan *shear wall* maka perlu disusun langkah – langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan data, pedoman perancangan, dan sampai tujuan akhir dari analisa struktur yang akan disajikan.

### 3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir



Gambar 3. 1. Diagram Alir

### 3.3 Pengumpulan Data

#### 1. Data Umum

- Nama Gedung : Apartemen 15 Lantai
- Lokasi : Surabaya
- Tipe Bangunan : Apartemen
- Jumlah Lantai : 52 Lantai
- Tinggi bangunan : 195 meter
- Struktur Bangunan : *Cast in Situ*
- Total Luas area : -

#### 2. Data Stuktur

- Data Arsitektur : (Lampiran)
- Data Struktur : (Lampiran)

Gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dan *shear wall* dan data bangunan yang direncanakan sebagai berikut :

#### 1. Data Umum Bangunan :

- Nama Gedung : Apartemen 15 Lantai
- Lokasi : Surabaya
- Tipe Bangunan : Apartemen
- Jumlah Lantai : 15 Lantai
- Tinggi Bangunan : 60 meter
- Struktur utama : Metode Pracetak
- Total Luas Area : 736 m<sup>2</sup>

#### 2. Data Bahan :

- Kekuatan tekan Beton ( $f'c$ ) : 35 MPa
- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : 420 MPa
- Data Tanah : (Lampiran)

#### 3. Data Gambar

- Gambar Struktur : (Lampiran)
- Gambar Arsitektur : (Lampiran)

### 3.4 Peraturan peraturan

Dalam menyusun tugas akhir ini diperlukan beberapa literatur serta peraturan gedung tersebut antara lain:

1. SNI 1726:2012 Struktur Gedung Tahan Gempa
2. SNI 2847:2013 Tata Cara PERhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
3. SNI 1727:2013 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung.
4. ACI 318-11 *Building Code Requirement for Structural Concrete*.
5. PCI Handbook 6<sup>th</sup> Edition. Precast and Prestress Concrete.
6. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang (Iswandi Imran & Fajar Hendrik)

### 3.5 Preliminary Design

Preliminary Design ini dilakukan digunakan mendapatkan dimensi awal komponen-komponen gedung. Preliminary Design ini menggunakan ketentuan SNI 2847-2013

#### 3.5.1 Perencanaan Plat

1. Perencanaan telab plat ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 bagi tebal plat sebagai berikut.

Tegangan leleh, $f_y$ Mpa	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(SNI 2847:2013,Tabel 9.5(c))

2. Perencanaan lebar efektif (be) dari balok berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.12.2 dan pasal 8.12.3

- Interior tidak boleh melebihi

$$\circ \quad be1 = \frac{1}{4}L \quad (3.1)$$

$$\circ \quad be2 = bw + 8t \quad (3.2)$$

$$\circ \quad be3 = bw + \frac{1}{2}s \quad (3.3)$$

- Eksterior tidak boleh melebihi :

$$\circ \quad be1 = \frac{1}{12}L \quad (3.4)$$

$$\circ \quad be2 = bw + 6t \quad (3.5)$$

$$\circ \quad be3 = bw + \frac{1}{2}s \quad (3.6)$$

### 3.5.2 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga memiliki syarat sebagai berikut :

$$60 \leq (2t + i) \leq 65 \quad (3.7)$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \quad (3.8)$$

Keterangan:

t : tinggi tanjakan

i : lebar injakan

$\alpha$  : Sudut kemiringan tangga

### 3.5.3 Perencanaan Balok Induk

Perencanaan balok anak menggunakan peraturan dari SNI 2847-2013 pasal 9.5.2

- Tinggi minimum balok

$$\circ \quad h \text{ min} = \frac{L}{16}, \text{ digunakan apabila } fy = 420 \text{ MPa} \quad (3.9)$$

$$\circ \quad h \text{ min} = \frac{L}{16} \left( 0.4 + \frac{fy}{700} \right), \quad (3.10)$$

digunakan apabila  $fy \neq 420$  MPa

$$\circ \quad h \text{ min} = \frac{L}{16} (1.65 - 0.003wc), \quad (3.11)$$

digunakan untuk nilai  $Wc$  1440  $\text{kg/m}^3$   
sampai 1840  $\text{kg/m}^3$

- Lebar minimum

$$\circ \quad b = \frac{2}{3} x h \quad (3.12)$$

### 3.5.4 Perencanaan Balok anak

Untuk merencanakan dimensi balok anak perhitungan sama dengan perencanaan balok induk. Beban dari plat akan diteruskan ke balok anak,. Beban dari plat ini akan digunakan untuk menentukan tulangan lentur dan geser.

### 3.5.5 Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom menggunakan peraturan dari SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.2

$$A = \frac{W}{f_c x \phi} \quad (3.13)$$

Dimana,            A            : Luas Penampang kolom ( $\text{mm}^2$ )

$f_c$             : Kuat tekan beton (MPa)

                      W            : Beban aksial yang diterima  
kolom (N)

$\phi$             : Faktor reduksi ( $\phi = 0.65$ )

## 3.6 Pembebanan Struktur

### 3.6.1 Beban Mati

Beban mati adalah beban yang bekerja secara konstan. Beban mati terdiri dari berat struktur dan dinding. Beban mati pada struktur direncanakan rberdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)

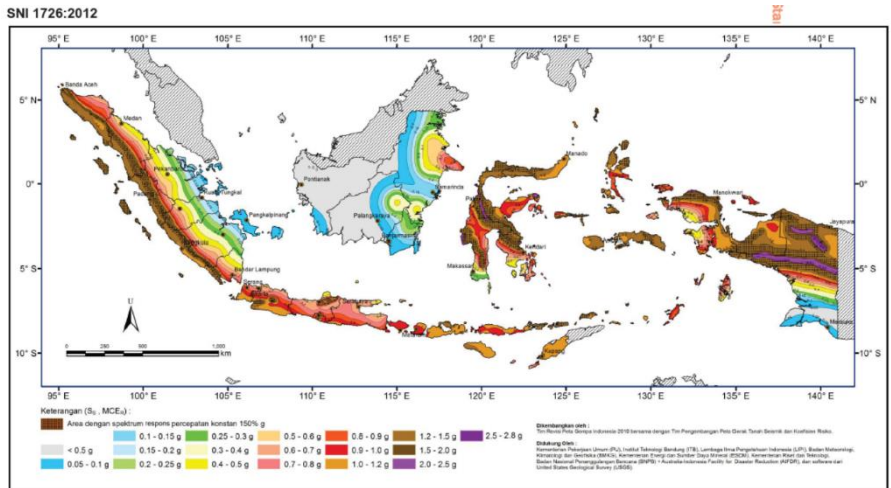
### 3.6.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang disebabkan oleh penggunaan suatu struktur yang berasal dari beban yang bekerja pada struktur. Perencanaan beban hidup berdasarkan SNI 1727:2013

### 3.6.3 Beban Gempa

Beban Gempa pada struktur direncanakan berdasarkan SNI 1726-2012 meliputi :

- Kategori Resiko  
Menentukan kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.1.2
- Penentuan respon spectrum  
Menentukan respon spectrum berdasarkan penentuan wilayah gempa yang terdapat pada gambar 9 dan 10 di dalam SNI 1726-2012



Gambar 9 - S<sub>s</sub>, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE<sub>2</sub>), kelas situs SB





R : Faktor modifikasi respon.  
 I<sub>e</sub> : Faktor keutamaan gedung.

Nilai C<sub>s</sub> tidak boleh melebihi:

$$C_s = \frac{S_{ds}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad ,(\text{SNI 1726-2012, persamaan 23})$$

(3.15)

Keterangan :

T : Perioda fundamental struktur

Niali C<sub>s</sub> tidak boleh kurang dari :

$$C_s = \frac{0.5 S_1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad ,(\text{SNI 1726-2012, persamaan 25})$$

(3.16)

Keterangan:

S<sub>1</sub> : Parameter percepatan spectrum  
 respons maksimum.

- Gaya geser dasar seismic  
 $V = C_s W$  , ( SNI 1726-2012, persamaan 23)  
 (3.17)

Keterangan:

V : Geser dasar seismic  
 W : Berat Seismik efektif  
 C<sub>s</sub> : Koefisien respons seismik

- Distribusi Vertikal Gaya Gempa

$$F_x = C_{vx} V \quad ,(\text{ SNI 1726-2012, persamaan 30})$$

(3.18)

$$31) \quad C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}, \quad (\text{SNI 1726-2012, persamaan (3.19)})$$

Keterangan:

$F_x$  : Gaya gempa lateral

$w_x$  dan  $w_i$  : bagian berat seismik efektif total struktur ( $w$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_x$  dan  $h_i$  : tinggi dari dasar sampai tinggi  $i$  atau  $x$ , dinyatakan dalam meter (m)

$k$  : eksponen yang terkait dengan perioda struktur.

### 3.6.4 Kombinasi Pembebanan

Perencanaan kombinasi pembebanan pada struktur berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1.

- $U = 1.4 D$
- $U = 1.2 D + 1.6 L$
- $U = 1.2 D + 1.0 L + E$
- $U = 1.2 D + 1.0 L - E$
- $U = 1.0 D + 1.0 L$
- $U = 0.9 D + 1.0 E$
- $U = 0.9 D - 1.0 E$

Keterangan :

$U$  : Beban Ulitimate

$D$  : Beban Mati

$L$  : Beban Hidup

$E$  : Beban Gempa

### 3.7 Permodelan Struktur

Permodelan Struktur gedung menggunakan program bantu berupa ETABS/SAP 2000. Permodelan berguna untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terjadi pada elemen-elemen struktur. Permodelan struktur menggunakan program bantu harus memenuhi beberapa kriteria agar model yang di buat dapat digunakan dalam perhitungan

### 3.8 Kontrol Permodelan Struktur

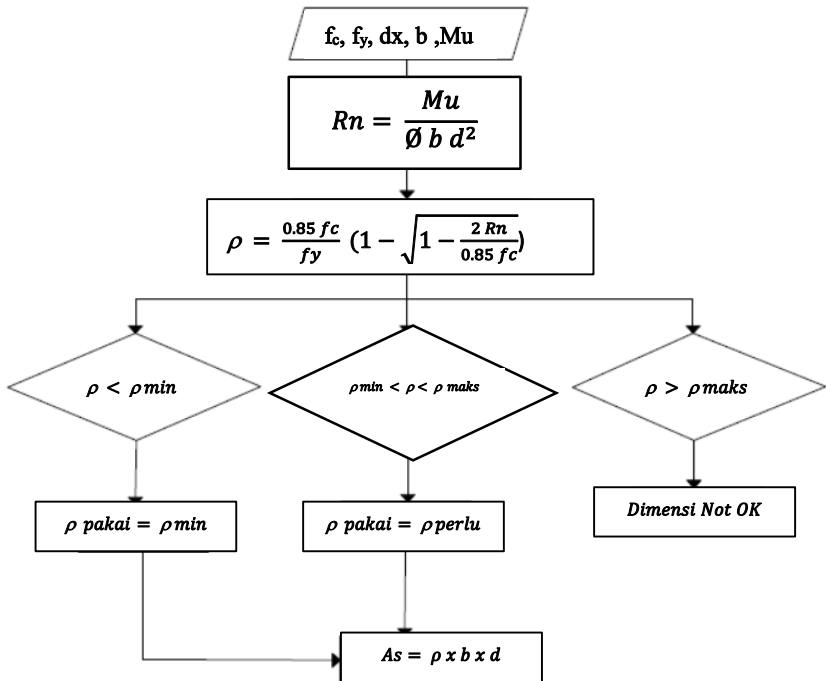
Model yang di buat dengan program bantu harus memenuhi beberapa syarat agar hasil gaya dalam dapat digunakan dalam perhitungan. Syarat permodelan sesuai SNI 1726-2012,:

- Kontrol Jumlah Partisipasi Massa ( $>90\%$ )
- Kontrol Beban dengan perhitungan manual dengan perhitungan program bantu ( $\pm 5\%$ )
- Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik ( $\pm 85\%$ )
- Kontrol Periode Waktu getar alami fundamental (T)
- Simpangan antar lantai

### 3.9 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 3.9.1 Perencanaan Plat lantai

##### 3.9.1.1 Perencanaan Tulangan lentur



Gambar 3. 4. Diagram alir perhitungan tulangan lentur plat

### 3.9.1.2 Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan pada plat mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3

### 3.9.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan tulangan lentur, geser dan susut pada balok anak sama dengan perhitungan balok induk

### 3.10 Analisa Struktur

Analisa Stuktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang berkerja pada struktur utama gedung

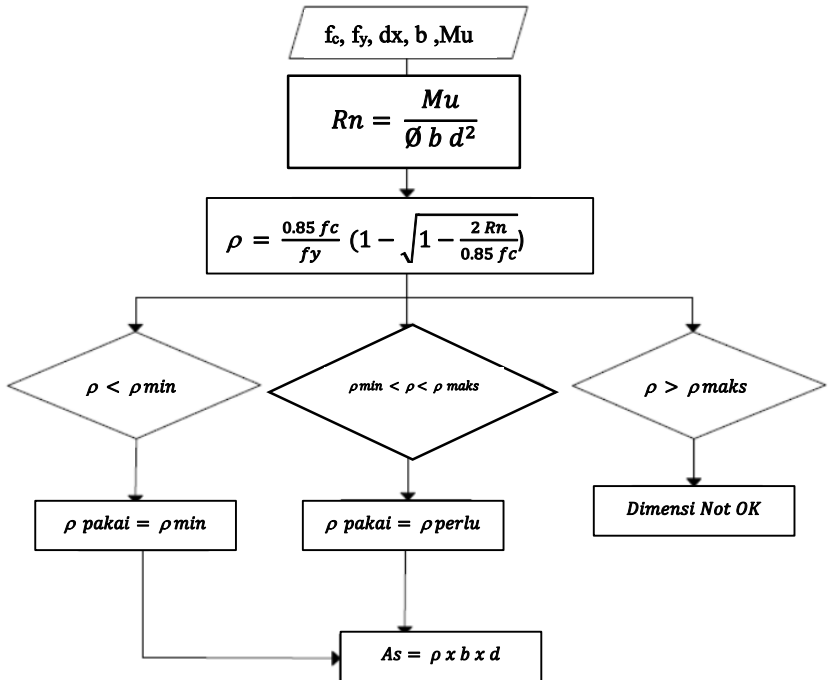
seperti balok induk dan kolom. Analisa Struktur ini menggunakan program bantu SAP 2000/ ETABS

### 3.11 Perencanaan Struktur Primer

Perencanaan struktur primer dapat dilakukan jika sudah mendapatkan gaya gaya dalam pada struktur primer seperti balok induk, kolom dan *shear wall*. Perencanaan meliputi penulangan lentur, geser dan torsi.

#### 3.11.1 Penulangan Balok

##### 3.11.3.3 Perencanaan Tulangan Lentur



Gambar 3. 5. Diagram.aliran perhitungan tulangan lentur

### 3.11.3.4 Perencanaan Tulangan Geser

Perencanaan tulangan geser pada balok berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.1. persamaan (11-1).

$$\phi V_n = V_u \quad (3.21)$$

Keterangan :

$V_u$  : Kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  : Kuat geser nominal penampang

$\phi$  : faktor terduksi geser = 0.75 (SNI 2847-2013, pasal 9.3 )

Kuat geser nominal dari penampang ditahan oleh kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ )

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.22)$$

SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan (11.2)

Keterangan :

$V_u$  : Kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  : Kuat geser nominal penampang

$\phi$  : faktor terduksi geser = 0.75

$$V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_c} b d \quad (3.23)$$

SNI 28447:2013, Pasal 11.2.1 persamaan (11-3)

Keterangan :

$V_c$  : Kuat geser beton

$f_c$  : Kuat tekan beton

$b$  : lebar penampang

$d$  : tinggi penampang

### 3.11.3.5 Perencanaan Tulangan Torsi

Perencanaan tulangan torsi pada balok dapat dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) ,$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.1) (3.24)

Perencanaan penampang terhadap torsi :

$$T_u \leq \phi T_n ,$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.3.5, persamaan 11-20) (3.25)

Perencanaan tulangan sengkang untuk puntir :

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_y}{s} \cot \theta ,$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.3.6, persamaan 11.21) (3.26)

Keterangan :

$T_u$  : Momen torsi berfaktor

$T_n$  : Kuat momen torsi

$T_c$  : Kuat torsi nominal beton

$T_s$  : Kuat torsi nominal tulangan geser ( sengkang )



$A_o$  : Luas yang dibatasi oleh aliran geser  
(mm<sup>2</sup>)

### 3.11.2 Penulangan Kolom

Setelah mendapatkan gaya dalam pada kolom dari hasil analisa struktur berupa gaya aksial dan momen dengan menggunakan program bantu SAP 2000 / ETABS, gaya dalam tersebut kemudian di *input* ke program bantu Sp COL untuk mendapatkan jumlah tulangan lentur.

#### 3.11.2.1 Penulangan kolom akibat beban aksial

Perhitungan penulangan kolom akibat beban aksial berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.1

#### 3.11.2.2 Penulangan tulang geser pada kolom

Perhitungan penulangan kolom akibat beban aksial berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.1

#### 3.11.2.3 Syarat *strong column weak beam*

Berdasarkan filosofi bangunan, menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.2 untuk mencapai *strong column weak beam* maka wajib memenuhi syarat sebagai berikut:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb} \quad (3.27)$$

Keterangan:

$M_{nc}$  :Jumlah kekuatan momen kapasitas kolom yang merangka dalam joint.

$M_{nb}$  : Jumlah Kekuatan momen balok yang merangka dalam joint.

### 3.11.3 Penulangan Dinding Geser / Shear Wall

#### 3.11.3.1 Kuat Axial Rencana

Kuat axial rencan pada dinding geser berdasarkan (SNI 2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_n = 0.55 \phi f_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right] ,$$

(SNI 2847-2013 pasal 14.5.2. persamaan 14-1)  
(3.28)

### 3.11.3.2 Pemeriksaan Tebal Dinding

Tebal dinding geser cukup tebal bila memenuhi (SNI 2847-2013, pasal 11.9.3

$$V_n = 0.83 \sqrt{f_c} h d \geq V_u ,$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.9)  
(3.29)

### 3.11.3.3 Kuat Geser Beton

Kuat Geser beton dinding geser dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.9.6

$$V_c = 0.27 \lambda \sqrt{f_c} h d + \frac{N_u d}{4 l_w}$$

(3.30)

Atau

$$V_c = \left[ 0.05 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{l_w (0.1 \lambda \sqrt{f_c} + 0.2 \frac{N_u}{l_w h})}{\frac{M_u l_w}{V_u} \frac{1}{2}} \right]$$

(3.31)

Keterangan :

$l_w$  : panjang keseluruhan dinding

$N_u$  : gaya tekan (+) atau gaya Tarik (-)

### 3.11.3.4 Penulangan Geser Horizontal

Penulangan geser horizontal pada shear wall dihitung menurut SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.1

### 3.11.3.5 Penulangan Geser Vertikal

Penulangan geser vertical pada *shear wall* dihitung menurut SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.4

## 3.12 Perencanaan Sambungan

Perencanaan Sambungan antar elemen pracetak menggunakan referensi dari “Peiko Group”. Sambungan tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi harus mengintergrasikan elemen elemen pracetak sebagai satu kesatuan struktur yang monolit. Dalam merencanakan sambungan antar elemen pracetak menggunakan jenis *sambungan Anchor Bolt*. Dalam merencanakan sambungan menggunakan peraturan SNI 2847-2013.

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.8.2 untuk memenuhi persyaratan sambungan daktail pada elemen pracetakn maka :

$$V_n \geq 2 V_e \quad (3.32)$$

Keterangan :

$V_n$  : Kekuatan Geser Nominal

$V_e$  : Kekuatan Geser Aktual

- Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.8.3 , untuk memenuhi persyaratan tahan gempa maka *strong connection* harus :

$$\emptyset S_n \geq 1,4 S_e \quad (3.33)$$

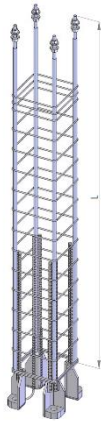
Keterangan :

$S_n$  : Kekuatan lentur, aksial ,atau geser pada momen sambungan

$S_e$  : Gaya lentur, aksial , atau geser pada sambungan

### 3.13.3 Sambungan Base Plate dengan kolom / Kolom – Kolom

Perencanaan sambungan antar elemen base plate dengan kolom mengacu pada SNI 2847:2013, pasal 21.8.3(d).. Sambungan yang digunakan adalah *HPKM Column Shoe* untuk bagian bawah kolom dan *HPM Rebar Achor Bolt* untuk sambungan atas kolom.



(a)



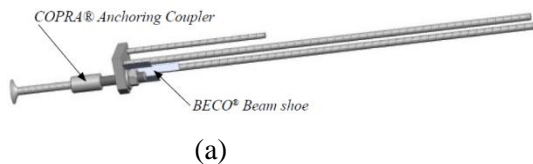
(b)



Gambar 3. 6. (a) Animasi sambungan pada kolom (b) Eksisting sambungan kolom (c) Animasi baut pada base plate (d) Eksisting baut pada base plate (sumber: [www.peiko.com](http://www.peiko.com))

#### 3.13.4 Sambungan Kolom dengan Balok Induk

Perencanaan sambungan antar balok induk dengan kolom mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.8. Sambungan yang digunakan adalah *BECO Beam COPRA® Anchoring Coupler*. Kuat geser nominal  $V_n$  pada sambungan balok kolom tidak melebihi dari syarat pada SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.



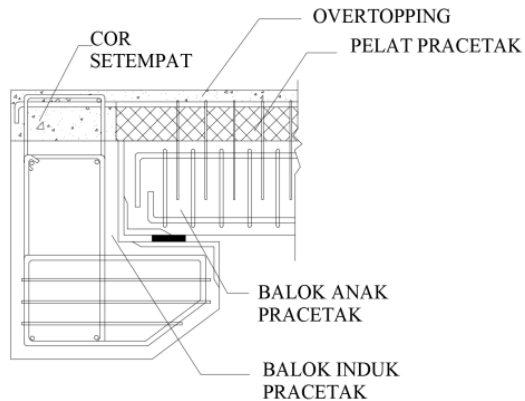


(b)

Gambar 3. 7. (a) Animasi Sambungan Balok (b) Angkur pada kolom (*COPRA® Anchoing Coupler*) (sumber: [www.peiko.com](http://www.peiko.com))

### 3.13.5 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Balok anak menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama pada balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah di buat menerus atau denga kait standar yang pendetailannya sesuai denga SNI 2847-2013. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Dan balok anak di letakkan pada konsol pendek yang beradapada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaa. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom

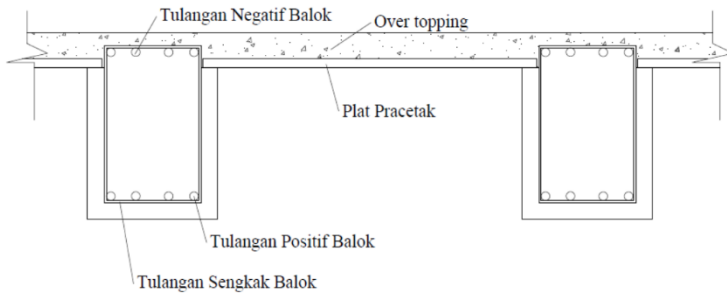


Gambar 3. 8 Sambungan antara Balok induk dan Balok Anak ( Iqbal,2018)

### 3.13.6 Sambungan Balok dengan Plat

Untuk mendapatkan sambungan plat lantai dengan balok yang kaku, monolit, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada balok harus tersalurkan pada elemen beton pracetak. Hal tersebut dapat dicapai dengan cara-cara sebagai berikut.

- Plat pracetak yang sudah terpasang dikombinasikan dengan beton cor di tempat dengan amplitude 5mm
- Pendetailan tulangan sambungan atau ikatan secara efektif jadi struktur yang satu, sesuai dengan aturan yang berlaku
- Penggrouting pada daerah tumpuan atau bidang kontak antara plat pracetak dengan balok pracetak.



Gambar 3. 9 Sambungan Balok dengan Plat lantai

### 3.13 Perencanaan Pengangkatan Elemen Pracetak

#### 3.13.1 Perencanaan Pengangkatan Plat Lantai

##### 3.13.1.1 Empat Titik angkat

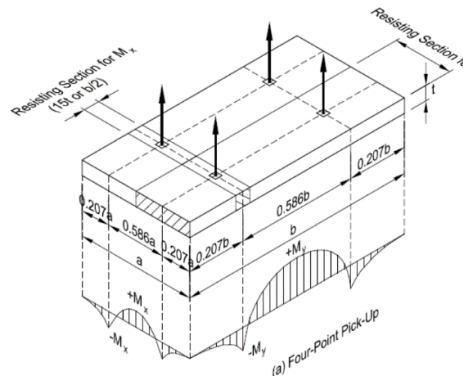
Maksimum Momen (pendekatan) :

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

$$+M_y = -M_x = 0,0107 w$$

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





Gambar 3. 10. 4 Titik angkat (PCI Handbook 5<sup>th</sup> Edition)

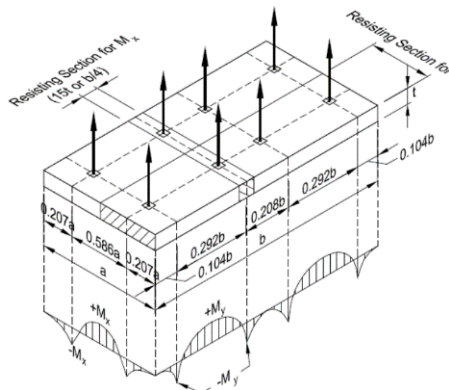
### 3.13.1.2 Delapan Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

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

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

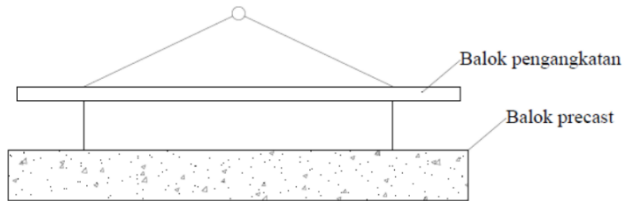
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



Gambar 3. 11. 8 titik angkat (PCI Handbook 5<sup>th</sup> Edition)

### 3.13.2 Perencanaan Pengangkatan Balok

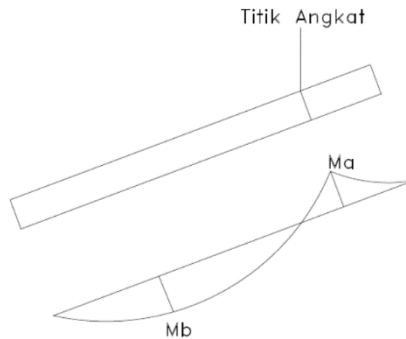
Pada saat pengangkatan balok pracetak, balok akan mengalami momen akibat pengangkatan titik angkat dari jarak tertentu dari ujung balok. Pada perencanaan pengangkatan balok ada 2 kondisi yang harus di tinjau, kekautan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 3. 12. Momen yang terjadi pada balok

### 3.13.3 Perencanaan Pengangkatan Kolom

Pada saat pengangkatan kolom pracetak, kolom akan diangkat dengan 1 titik angkat. Kolom akan mengalami momen akibat beban kolom sendiri. Pada perencanaan pengangkatan kolom ada 2 kondisi yang harus di tinjau, kekautan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 3. 13. Momen yang terjadi pada kolom

### 3.14 Pondasi

Pondasi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah pondasi dalam menggunakan tiang pancang. Perhitungan kekuatan pondasi tiang pancang berdasarkan data tanah yang didapatkan dari tes sondir.

#### 3.13.2 Perhitungan P ijin

$$P \text{ ijin } 1 \text{ tiang} = \frac{A \text{ tiang} \times Cn}{Sf1} + \frac{JHP \times Q}{Sf2} \quad (3.34)$$

$$Sf1 = (2-3)$$

$$Sf2 = (5-8)$$

#### 3.13.3 Perhitungan Jumlah Tiang pancang

$$n = \frac{\Sigma Pu}{P \text{ ijin}} \quad (3.35)$$

$$S \geq \frac{1.57 (D) \min - 2D}{m+n-2} \quad (3.36)$$

### 3.13.4 Perhitungan Efisiensi Tiang

$$(n) = 1 - \theta \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90 x m x n} \quad (3.37)$$

$$P maks = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{My x X max}{\Sigma x^2} + \frac{Mx x Y max}{\Sigma y^2} \quad (3.38)$$

$$P ult = Efisiensi tiang x Pu 1 tiang$$

### 3.13.5 Perhitungan Geser Ponds Pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan dari beton diambil dari :

$$1. Vc = 0.17(1+2\beta)\lambda\sqrt{f'c}.b_0.d \quad (3.39)$$

$$2. Vc = 0.083 \left( \frac{\alpha d}{b} + 2 \right) \lambda\sqrt{f'c} b d \quad (3.40)$$

$$3. Vc = 0.33 \lambda\sqrt{f'c} b d \quad (3.41)$$

Keterangan :

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

$b_0$  = keliling pada penampang kritis pada poer =  $2(b_{kolom}+d) + 2(h_{kolom}+d)$

$\alpha_s$  = 30, untuk kolom tepi  
= 40, untuk kolom tengah  
= 20, untuk kolom pojok

$$\emptyset Vc > Pu \quad (3.42)$$

### 3.15 Output Design

Hasil dari analisa struktur diatas akan divisualisasikan kedalam gambar teknik. Penggambaran gambar teknik ini akan menggunakan program bantu AutoCad.

## BAB IV

### Preliminary Design

#### 4.1 Umum

*Preliminary design* adalah proses perencanaan awal komponen-komponen struktur yang akan digunakan. Komponen-komponen struktur antara lain plat lantai, plat atap, tangga, plat induk, kolom, balok kantilever, dan *shear wall*. *Preliminary design* didesain dengan peraturan yang berlaku yang berfungsi untuk mengetahui dimensi awal komponen struktur. Sebelum melakukan *preliminary design* sebaiknya mencari data perencanaan dan beban-beban yang bekerja pada struktur.

#### 4.2 Data Perencanaan

Data perencanaan gedung beton bertulang dengan metode beton pracetak dan *shear wall* sebagai berikut :

- Nama gedung : Apartemen 15 Lantai
- Lokasi : Surabaya
- Tipe Bangunan : Apartemen
- Jumlah Lantai : 15 Lantai
- Ketinggian Lantai : 4 m
- Ketinggian Bangunan : 60 m
- Luas per Lantai : 736.34 m<sup>2</sup>
- Struktur Bangunan : Beton pracetak
- Mutu Beton (fc) : 35 MPa
- Mutu Baja (fy) : 420 MPa

#### 4.3 Pembebanan

##### 1. Beban mati ( PPIUG 1983 )

- Beton bertulang : 2400kg/m<sup>3</sup>
- Tegel/Ubin : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi : 21 kg/m<sup>2</sup>
- Plafond : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung Plafond : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Ducting Plumbing : 30 kg/m<sup>2</sup>

2. Beban Hidup ( SNI 1727-2013 )
  - Beban Apartemen : 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban Hujan : 20 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban Atap : 96 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban Gempa ( SNI 1726 – 2012 )

#### 4.4 Perencanaan Dimensi Balok

Pada tugas akhir ini, balok yang digunakan adalah balok persegi (*rectangular beam*). Berikut perencanaan balok berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.

##### 4.4.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h \text{ min} = \frac{L}{16}$$

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

Keterangan :

h min : tinggi minimum balok (cm)

b : lebar balok (cm)

L : panjang balok (cm)

Balok induk melintang ( B11), L = 620 cm

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} = \frac{620}{16} = 38.75 = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} 60 = 40 = 40 \text{ cm}$$

Dipakai balok induk B11 (40/60)

Balok induk memanjang (B14),  $L = 650 \text{ cm}$

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} = \frac{650}{16} = 40.65 = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} 60 = 40 = 40 \text{ cm}$$

Dipakai balok induk B11 (40/60)

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi balok induk

Kode Balok Induk	Bentang (Lb)	h min	h pakai	b	b pakai	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
B11	620	38.75	60	40.00	40	40/60
B12	650	40.63	60	40.00	40	40/60
B13	750	46.88	65	43.33	50	50/65
B14	650	40.63	60	40.00	40	40/60
B15	550	34.38	60	40.00	40	40/60
B16	620	38.75	60	40.00	40	40/60

#### 4.4.2 Perencanaan Dimensi Balok Kantilever

Dimensi balok kantilever direncanakan dengan :

$$h \text{ min} = \frac{L}{10}$$

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

Keterangan :

h min : tinggi minimum balok (cm)

b : lebar balok (cm)

L : panjang balok (cm)

Balok kantilver ( BL11), L = 200 cm

$$h \text{ min} = \frac{L}{10} = \frac{200}{10} = 20 = 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} 35 = 23.3 = 30 \text{ cm}$$

Dipakai balok kantilever BL11 (30/35)

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi balok kantilever

Kode Balok Kantilever	Bentang (Lb)	h min	h pakai	b	b pakai	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
BL11	200	20	40	26.67	35	30/35
BL12	180	18	40	26.67	35	30/35
BL13	100	10	40	26.67	35	30/35

#### 4.4.3 Perencanaan Balok Anak

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h \text{ min} = \frac{L}{21}$$

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

Keterangan :

h min : tinggi minimum balok (cm)

b : lebar balok (cm)

L : panjang balok (cm)

Balok anak melintang ( BA11), L = 750 cm



$$h \text{ min} = \frac{L}{21} = \frac{750}{21} = 35.71 = 45 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 45 = 30 = 35 \text{ cm}$$

Dipakai balok anak BA11 (35/45)

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Balok Anak

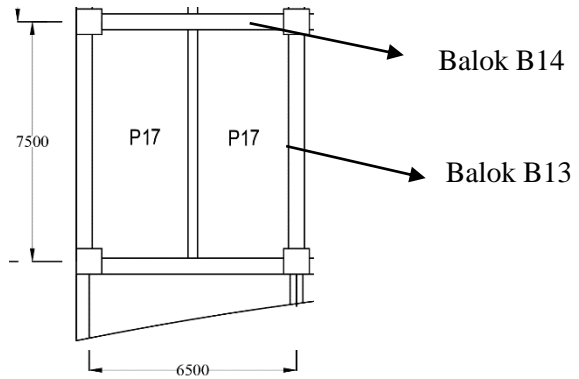
Kode Balok Anak	Bentang (Lb)	h min	h pakai	b	b pakai	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
BA11	750	35.71	45	30.00	35	35/45
BA12	650	30.95	45	30.00	35	35/45
BA13	620	29.52	45	30.00	35	35/45

#### 4.5 Perencanaan Pelat Lantai

Perencanaan plat menggunakan acuan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2. tabel 9.5(a) Pelat yang direncanakan menggunakan spesifikasi :

- Mutu Beton : 26 MPa
- Mutu Baja : 420 MPa

Plat yang di rencanakan adalah plat ( P17 )



Gambar 4. 1 Plat P17

$$L_n = 650 - 40 = 610 \text{ cm}$$

$$S_n = 310 - 40 = 270 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = 2.26 \text{ (Satu arah)}$$

Berikut hasil rekapitulasi arah plat yang dapat dilihat pada Tabel 4. 4

Tabel 4. 4 Arah Plat

Kode Plat	X (cm)	Y (cm)	Balok X (cm)	Balok Y (cm)	$L_n$ (cm)	$S_n$ (cm)	$L_n/S_n$	Arah Plat
P11	325	620	40	40	580	285	2.04	Satu Arah
P12	275	620	40	40	580	235	2.47	Satu Arah
P13	310	620	40	40	580	270	2.15	Satu Arah

P14	325	650	40	40	610	285	2.14	Satu Arah
P15	275	650	40	40	610	235	2.60	Satu Arah
P16	310	650	40	40	610	270	2.26	Satu Arah
P17	325	750	40	50	710	275	2.58	Satu Arah
P18	275	750	40	50	710	225	3.16	Satu Arah
P19	310	750	40	50	710	260	2.73	Satu Arah

Tebal plat direncanakan sebagai plat 1 arah sehingga, perhitungan ketebalan plat lantai didasarkan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5 (a)

$$h \text{ min} = \frac{l}{20}$$

Contoh perhitungan : Plat 17 (P17)

$$L_n = 710 \text{ cm}$$

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

$$h \text{ min} = \frac{S_n}{20} = \frac{275}{20} = 13.75 \text{ cm}$$

Berikut adalah hasil rekapitulasi tebal plat yang dapat dilihat pada Tabel 4. 5

Tabel 4. 5 Rekapitulasi tebal plat

Kode Plat	Sn	h min	h pakai
Lantai	(cm)	(cm)	(cm)
P11	285	14.25	16
P12	235	11.75	16
P13	270	13.5	16
P14	285	14.25	16
P15	235	11.75	16
P16	270	13.5	16
P17	275	13.75	16
P18	225	11.25	16

#### 4.6 Perencanaan Kolom

Dalam tugas akhir ini kolom yang digunakan menggunakan kolom bentuk persegi dan memiliki 3 jenis ukuran.

##### 4.6.1 Data Perencanaan

- Tebal Plat : 16 cm
- Balok B12 : 40/60
- Balok B13 : 50/65
- Balok B16 : 40/60
- Berat beton : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Beban Hidup Apartemen : 192 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Atap : 96 kg/m<sup>2</sup>
- Dimensi awal kolom : 80cm x 80cm

##### 4.6.2 Perhitungan Pembebanan

- Beban Mati Lantai

Tabel 4. 6 Beban Mati Lantai

Beban Mati Lantai						
Keterangan	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang (m)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Beban (kg/m <sup>2</sup> )	Berat (kg)
B12	0.4	0.6	3.25	2400		1716
B13	0.5	0.65	3.75	2400		2925
B16	0.4	0.6	6.2	2400		3273.6
BA12	0.35	0.45	6.5	2400		2457
BA13	0.35	0.45	6.2	2400		2343.6
BL11	0.35	0.4	2	2400		672
BL12	0.35	0.4	1.8	2400		604.8
BL13	0.35	0.4	1	2400		336
Plat Lantai	7	0.15	6.2	2400		15624
Penggantung	7		6.2		7	303.8
Spesi Ubin	7		6.2		21	911.4
Plafond	7		6.2		7	303.8
Ducting Plumbing	7		6.2		30	1302
Dinding		4	13.2		200	10560
Ubin	7		6.2		24	1041.6
Kolom	0.8	4	0.8	2400		6144
DL Lantai						50518.6

## – Beban Hidup Lantai

Tabel 4. 7 Beban Hidup Lantai

Beban Hidup Lantai				
Keterangan	Lebar	Panjang	Beban (kg/m <sup>2</sup> )	Berat (kg)
Beban Hidup Lantai	7	6.2	192	8332.8
LL Lantai				8332.8

## – Beban Mati Atap

Tabel 4. 8 Beban Mati Atap

Beban Mati Atap						
Keterangan	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang (m)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Beban (kg/m <sup>2</sup> )	Berat (kg)
B12	0.4	0.6	3.25	2400		1716
B13	0.5	0.65	3.75	2400		2925
B16	0.4	0.6	6.2	2400		3273.6
BA12	0.35	0.45	6.5	2400		2457
BA13	0.35	0.45	6.2	2400		2343.6
BL11	0.35	0.4	2	2400		672
BL12	0.35	0.4	1.8	2400		604.8
BL13	0.35	0.4	1	2400		336
Plat Lantai	7	0.15	6.2	2400		15624
Penggantung	7		6.2		7	303.8
Plafond	7		6.2		7	303.8
Kolom	0.8	4	0.8	2400		6144
Ducting Plumbing	7		6.2		30	1302
DL atap						38005.6

## – Beban Hidup Atap

Tabel 4.5 Beban Hidup Atap

Beban Hidup Atap				
Keterangan	Lebar	Panjang	Beban (kg/m <sup>2</sup> )	Berat (kg)
Beban Hidup Atap	7	6.2	96	4166.4
LL atap				4166.4

#### 4.6.3 Perhitungan Dimensi Kolom

- Lantai 1-5 (K11)
  - Beban mati 1 Lantai : 50518.6 kg
  - Beban mati 14 Lantai : 707260.4 kg
  - Beban Hidup 1 Lantai : 8332.8 kg
  - Beban Hidup 14 Lantai : 116659.2
  - Beban Mati Atap : 38005.6 kg
  - Beban Hidup Atap : 4166.4 kg

Beban pada K11

$$DL \text{ total} : 707260.4 + 38005.6 = 745266 \text{ kg}$$

$$LL \text{ total} : 116659.2 + 4166.4 = 120825.6 \text{ kg}$$

$$Wu \text{ total} = 1.2 DL + 1.6 LL = 1087640.16 \text{ kg}$$

Mutu beton yang digunakan adalah 35 MPa, maka

$$A = \frac{3Wu}{f_c} = \frac{3 \times 1087640.16}{350} = 9512.88 \text{ cm}^2$$

$$B = \sqrt{A} = \sqrt{9512.88} = 97.5 \text{ cm, pakai } 95 \text{ cm}$$

- Lantai 6-10 (K12)
  - Beban mati 1 Lantai : 50518.6 kg
  - Beban mati 9 Lantai : 454667.4 kg
  - Beban Hidup 1 Lantai : 8332.8 kg
  - Beban Hidup 9 Lantai : 74995.2 kg
  - Beban Mati Atap : 38005.6 kg
  - Beban Hidup Atap : 4166.4 kg

Beban pada K12

$$DL \text{ total} : 454667.4 + 38005.6 = 492673 \text{ kg}$$

$$LL \text{ total} : 74995.2 + 4166.4 = 79161.6 \text{ kg}$$

$$Wu \text{ total} = 1.2 DL + 1.6 LL = 717866.16 \text{ kg}$$

Mutu beton yang digunakan adalah 35 Mpa, maka

$$A = \frac{3Wu}{F_c} = \frac{3 \times 717866.16}{350} = 6278.71 \text{ cm}^2$$

$$B = \sqrt{A} = \sqrt{6278.71} = 79 \approx 80 \text{ cm}$$

o Lantai 11-15 (K13)

Beban mati 1 Lantai	: 50518.6 kg
Beban mati 4 Lantai	: 202074.4 kg
Beban Hidup 1 Lantai	: 8332.8 kg
Beban Hidup 4 Lantai	: 33331.2 kg
Beban Mati Atap	: 38005.6 kg
Beban Hidup Atap	: 4166.4 kg

Beban pada K13

$$\text{DL total} : 202074.4 + 38005.6 = 240080 \text{ kg}$$

$$\text{LL total} : 33331.2 + 4166.4 = 37497.6 \text{ kg}$$

$$\text{Wu total} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} = 348092.16 \text{ kg}$$

Mutu beton yang digunakan adalah 35 Mpa, maka

$$A = \frac{3Wu}{Fc} = \frac{3 \times 348092.16}{350} = 3044.53 \text{ cm}^2$$

$$B = \sqrt{A} = \sqrt{3044.53} = 55 \approx 70 \text{ cm}$$

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Kode Kolom	b (cm)	h (cm)
K11	95	95
K12	80	80
K13	70	70

#### 4.7 Perencanaan *Shear Wall*

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 14.5.3, ketebalan dinding geser tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau



kurang dari 100 mm. Dalam tugas akhir ini direncanakan *shear wall* sebagai berikut.

- Tebal dinding geser : 27 cm
- Panjang bentang : 650 cm
- Tinggi dinding : 400 cm
- Tebal dinding :  $h/25 = 400/25 = 16$  cm
- Tebal dinding :  $L/25 = 650/25 = 26$  cm

Jadi tebal *shear wall* yang dipakai adalah 27 cm.

#### 4.8 Perencanaan Tangga

Pada tugas akhir ini, struktur tangga direncanakan sebagai struktur status tertentu dengan perletakan sendi dan rol. Berikut adalah data awal perencanaan:

Data – Data :

- Tinggi lantai : 4 m
- Tinggi border : 2 m
- Tebal Plat Tangga : 15 cm
- Tebal Plat bordes : 15 cm
- Lebar Injakan : 25 cm
- Tinggi injakan : 17 cm
- Jumlah anak tangga : 12 buah
- Panjang horizontal bidang miring : 300 cm
- Lebar Bordes : 150 cm
- Lebar Miring Tangga : 360 cm
- Sudut : 33.69

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **Perhitungan Struktur Sekunder**

#### 5.1 Perencanaan Struktur Plat

Struktur Plat menggunakan dengan sistem pracetak dengan ketebalan total 16 cm dengan perincian tebal plat cetak 11 cm dan *overtopping* 5 cm. Plat dibagi menjadi beberapa segmen untuk mempermudah proses pemasangan. Plat terdiri dari 9 jenis. Perencanaan plat mengacu pada SNI 2847-2013. Perencanaan struktur plat dibagi menjadi beberapa keadaan yang terdiri dari :

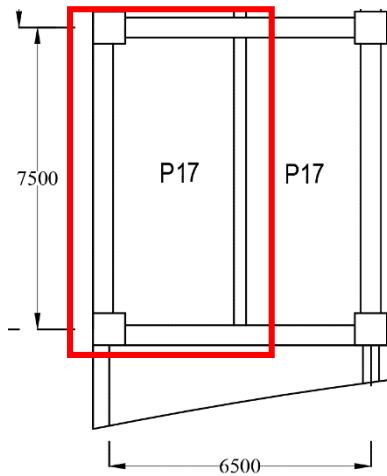
1. Proses pengangkatan plat, kondisi ini terjadi pada proses pengangkatan plat dari truk pengangkut ke tempat yang direncanakan.
2. Sebelum komposit, kondisi ini terjadi ketika plat sudah diletakan dan beton *overtopping* sudah dituang namun masih belum mengeras sehingga beton pracetak dan beton *overtopping* belum menyatu.
3. Sesudah komposit, kondisi ini terjadi ketika beton *overtopping* sudah mengeras dan menyatu dengan beton pracetak sehingga dapat dapat memikul beban secara bersama.

Perencanaan plat ini bertujuan untuk mengetahui jumlah tuangann yang diperlukan untuk masing masing kondisi. Pada saat beton dalam kondisi belum komposit, plat diasumsikan plat tertumpu pada 2 tumpuan. Sedangkan pada saat kondisi sesudah komposit, perletakan pada plat diasumsikan terjepit elastis. Pada perencanaan ini beton pracetak diasumsikan diangkat dan dibeban beton *overtopping* pada umur 7 hari.

##### 5.1.1 Perencanaan Plat Lantai

Data perencanaan yang digunakan dalam perencana plat lantai adalah sebagai berikut :

- Tebal Plat : 16 cm
- Tebal pracetak : 11 cm
- Tebal *overlapping* : 5 cm
- Mutu beton 7 hari ( $f'c$ ) : 26 Mpa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Diameter tulangan rencana : 13 mm
- Panjang Plat : 7.5 m
- Lebar Plat : 3.25 m
- $L_n$  : 7.1 m
- $S_n$  : 2.75 m
- $\beta$  : 2.58 ( Satu arah)



Gambar 5. 1 Potongan Denah Lantai (P17)

### 9.7.3.3 Pembebanan Plat Lantai

- Sebelum Komposit

#### Beban Mati

- Berat Pracetak :  $0.11 \times 2400$  :  $264 \text{ kg/m}^2$
- Berat Overtopping :  $0.05 \times 2400$  :  $120 \text{ kg/m}^2$
- Qdl :  $384 \text{ kg/m}^2$

#### Beban Hidup

- Beban Kerja :  $100 \text{ kg/m}^2$
- Qll :  $100 \text{ kg/m}^2$

- Setelah Komposit

#### Beban Mati

- Berat plat :  $0.16 \times 2400$  :  $384 \text{ kg/m}^2$
- Penggantung plafon :  $7 \text{ kg/m}^2$
- Spesi ubin :  $21 \text{ kg/m}^2$
- Plafond :  $7 \text{ kg/m}^2$
- Ducting Plumbing :  $30 \text{ kg/m}^2$
- Dinding :  $200 \text{ kg/m}^2$
- Ubin :  $24 \text{ kg/m}^2$
- Qdl :  $673 \text{ kg/m}^2$

#### Beban Hidup

- Beban Kerja :  $192 \text{ kg/m}^2$
- Qll :  $192 \text{ kg/m}^2$

- Kombinasi Beban

- Sebelum komposit
  - $1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$  :  $768 \text{ kg/m}^2$
- Sesudah komposit
  - $1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$  :  $1114.8 \text{ kg/m}^2$

### 5.1.1.2 Perhitungan tulangan Plat lantai

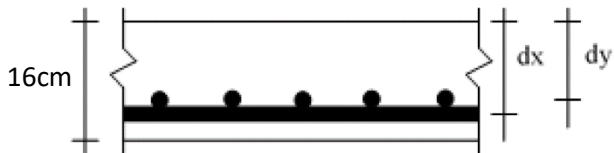
Perhitungan momen yang terjadi mengacu pada PBI 1971 tabel 13.3.2

Sebelum Komposit

- $M_{lx} : 1/8 Q Lx^2$   
 $M_{lx} : 1/8 \cdot 768 \cdot 2.75^2 = 726 \text{ kg.m}$
- $M_{tx} : 0$

Setelah Komposit

- $M_{lx} : 0.001 Q_u l x^2 x$   
 $M_{lx} : 0.001 \times 1114.8 \times 2.75^2 \times 63 = 531.13 \text{ kg.m}$
- $M_{ly} : 0.001 Q_u l x^2 x$   
 $M_{ly} : 0.001 \times 1114.8 \times 2.75^2 \times 13 = 109.6 \text{ kg.m}$
- $M_{tx} : -0.001 Q_u l x^2 x$   
 $M_{tx} : -0.001 \times 1114.8 \times 2.75^2 \times 63 = -531.13 \text{ kg.m}$
- $M_{ty} : -0.001 Q_u l x^2 x$   
 $M_{ty} : -0.001 \times 1114.8 \times 2.75^2 \times 38 = -320.37 \text{ kg.m}$



Gambar 5. 2 Potongan Plat

- Kondisi sebelum komposit  
 $dx = 110 - 20 - 0.5 \times 13 = 8.35 \text{ cm}$   
 $dy = 110 - 20 - 1.5 \times 13 = 7.05 \text{ cm}$
- Kondisi setelah komposit  
 $dx = 160 - 20 - 0.5 \times 13 = 13.35 \text{ cm}$   
 $dy = 160 - 20 - 1.5 \times 13 = 12.05 \text{ cm}$

- Untuk mutu beton  $f_c$  26 Mpa , berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3 maka nilai  $\beta$  sebesar 0.85
- Maka dapat didapatkan nilai  $\rho_{max}$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times \beta \times f_c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times 0.85 \times 26}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.0197$$

$$\rho_{min} = 0.0018 \quad (\text{SNI 2847} - 2013 \text{ pasal } 7.12.2.1)$$

$$\rho_{min} = 0.0018$$

- Penulangan Sebelum Komposit
  - Penulangan Lapangan Arah X

$$d_x : 8.35 \text{ cm}$$

$$M_u : 726 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{M_u}{0.9 \times b \times d_x^2} = \frac{726 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 83.5^2} = 1.13 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 7.56}{0.85 \times 26}} \right) = 0.0027$$

$$\rho_{min} < \rho_{\text{perlu}}$$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x$$

$$: 0.00277 \times 1000 \times 83.5 = 231.75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (13)} = \frac{231.75}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (13) = 265.33 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 330 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 60 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lapangan arah X D13- 200 mm.

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$d_y : 7.05 \text{ cm}$$

$$\rho \text{ perlu} : \rho \text{ min}$$

$$: 0.0018$$

$$\rho \text{ min} = \rho \text{ perlu}$$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times d_x$$

$$: 0.0018 \times 1000 \times 70.5 = 126.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (13)} = \frac{124.2}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (13) = 265.46 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 330 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lapangan arah Y D13- 250 mm.



- Penulangan Tumpuan Arah X

$$dx : 8.35 \text{ cm}$$

$$\rho \text{ perlu} : \rho \text{ min}$$

$$: 0.0018$$

$$\rho \text{ min} = \rho \text{ perlu}$$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.0018 \times 1000 \times 83.5 = 150.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (13)}} = \frac{150.3}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (13)} = 265.46 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 330 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan tumpuan arah X D13- 200 mm.

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$dy : 7.05 \text{ cm}$$

$$\rho \text{ perlu} : \rho \text{ min}$$

$$: 0.0018$$

$$\rho \text{ min} = \rho \text{ perlu}$$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.0018 \times 1000 \times 70.5 = 126.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (13)} = \frac{126.9}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (13) = 265.46 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 330 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan tumpuan arah Y D13- 250 mm.

o Penulangan Setelah Komposit

- Penulangan Lapangan Arah X

$$dx : 13.35 \text{ cm}$$

$$Mu : 531.13 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{531.13 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 133.5^2} = 0.32 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.32}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00077$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0018$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0018 \times 1000 \times 133.5 = 240.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (13)} = \frac{240.3}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (13) = 265.33 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 480 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan lapangan arah X D13- 200 mm.

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$d_y : 12.05 \text{ cm}$$

$$M_u : 109.6 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{M_u}{0.9 \times b \times d \times dx^2} = \frac{109.6 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 120.5^2} = 0.24 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.24}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00057$$

$$\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.0018$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.0018 \times 1000 \times 120.5 = 216.98 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (13)} = \frac{216.98}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (13)} = 265.33 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 480 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lapangan arah Y D13- 250 mm.

- Penulangan Tumpuan Arah X

$$dx : 13.35 \text{ cm}$$

$$Mu : 531.13 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{531.13 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 133.5^2} = 0.32 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.32}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00078$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0018$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0018 \times 1000 \times 133.5 = 240.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (13)}} = \frac{240.3}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (13)} = 265.33 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 480 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan tumpuan arah X D13- 200 mm.

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$d_y : 12.05 \text{ cm}$$

$$M_u : 320.37 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{M_u}{0.9 \times b \times d_x^2} = \frac{320.37 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 120.5^2} = 0.24 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.24}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00057$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0018$

$$A_s \text{ perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x$$

$$: 0.0018 \times 1000 \times 120.5 = 216.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (13)} = \frac{216.9}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pakai} : 2 \times A_s (13) = 265.33 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 480 \text{ mm}$$

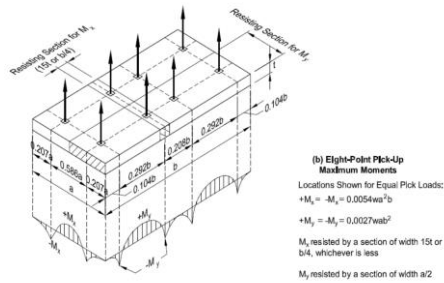
$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan tumpuan arah Y D13- 250 mm.

- Penulangan saat pengangkatan

Pracetak yang sudah diproduksi dan dikirim ke site harus diangkat untuk di pasang di struktur. Proses pengangkatan menggunakan 8 titik angkat seperti pada Gambar 5. 3



Gambar 5. 3 Pengangkatan Plat dengan 8 titik angkat  
(Sumber: *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete*)

$$M_x = 0.0054 w a^2 b$$

$$M_y = 0.0027 w a b^2$$

$$w = \text{tebal plat} \times \gamma \text{ beton}$$

Dimana :

$$a : 2.75\text{m}$$

$$b : 7.1 \text{ m}$$

$$\text{tebal plat} : 0.11 \text{ m}$$

$$\gamma \text{ beton} : 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$Y_g : 0.5 \text{ tebal} = 0.55 \text{ m}$$

Berat plat x 1.2 ( beban kejut):  $2.75 \times 7.1 \times 0.16 \times 2400 \times 1.2 = 7422.624 \text{ kg}$

Maka :

$$W = 0.11 \times 2400 = 264 \text{ kg/m}^2$$

$$M_x = 0.0054 \times 264 \times 7.1 \times 2.75^2 = 79.54 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0.0027 \times 264 \times 2.75 \times 7.1^2 = 102.64 \text{ kg.m}$$

Momen akibat kemiringan pengangkatan

$$M = \frac{\left(\frac{\text{berat plat}}{8}\right) \times y_c}{\tan 45} = \frac{\left(\frac{7422.624}{8}\right) \times 0.55}{\tan 45} = 51.03 \text{ kg.m}$$

Sehingga,

$$M_x \text{ total} = 79.54 + 51.03 = 130.57 \text{ kg.m}$$

$$M_y \text{ total} = 102.64 + 51.03 = 153.67 \text{ kg.m}$$

- Penulangan Arah X

$$d_x : 8.35 \text{ cm}$$

$$M_u : 130.57 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{M_u}{0.9 \times b \times d_x^2} = \frac{130.57 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 83.5^2} = 0.124 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}}\right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.124}{0.85 \times 26}}\right) = 0.0003$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0018$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} & : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx \\ & : 0.0018 \times 1000 \times 83.5 = 150.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (13)}} = \frac{150.3}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (13)} = 265.46 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 330 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan lapangan arah X D13- 300 mm.

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$d_y : 7.05 \text{ cm}$$

$$M_u : 153.67 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{M_u}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{153.67 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 70.5^2} = 0.225 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} & : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) \\ & : \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.225}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00054 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0018$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} & : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx \\ & : 0.0018 \times 1000 \times 83.5 = 198 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (13)} = \frac{253.84}{132.732} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (13) = 265.46 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 7.6.5, jarak tulangan

$$S < 3 \times \text{tebal plat} = 330 \text{ mm}$$

$$S = 1000/n = 500 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan arah Y D13- 300 mm.

### 5.1.1.3 Pengangkatan Plat Lantai

Pengangkatan Plat lantai dengan menggunakan delapan titik angkat dengan perhitungan tulangan angkat sebagai berikut :

- Tegangan retak ( $f_r$ )

$$f_r = 0.7 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.7 \sqrt{26}$$

$$= 3.56 \text{ MPa}$$

- Perhitungan beban plat

$$\text{Berat Plat} = \text{Luas plat} \times \text{tebal} \times \gamma_{\text{beton}} = 5154.6 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Ultimate} = 1.2 \text{ k Berat plat} = 7422.624 \text{ kg}$$

- Gaya pada tiap tulangan angkat

$$T_u = \frac{\text{Berat Ultimate}}{8} = \frac{7422.624}{8} = 927.828 \text{ kg}$$

- Tegangan ijin baja

Sesuai dengan PBBBI pasal 2.2.2, tegangan Tarik ijin baja adalah :

$$\sigma \text{ ijin baja} = \frac{fy}{1.5} = \frac{250}{1.5} = 1698.94 \text{ kg/m}^2$$

- Diameter Tulangan

$$\text{Diameter} = \sqrt{\frac{Tu}{\pi \times \sigma \text{ ijin}}} = 0.417 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

- Tegangan retak (fr)

$$fr = \frac{0.7 \sqrt{fc}}{1.5}$$

$$fr = \frac{0.7 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$= 2.37 \text{ MPa}$$

- Tegangan akibat Mux dan Muy

- Mux ditahan oleh bagian 15t atau b/4

$$15t = 15 * 11 = 165 \text{ cm}$$

$$\frac{b}{4} = 710 * 4 = 177.5 \text{ mm}$$

$$\text{Mux total} = 130.57 \text{ kg.m} = 130.57 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Z = \frac{1}{6} 15t \text{ tebal plat}^2 = \frac{1}{6} \times 165 \times 11^2 = 3327.5 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{Mux}{Z} = \frac{130.57}{3327.5} = 0.392 \text{ MPa}$$

$$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$$

- Muy ditahan oleh bagian a/2 atau b/4

$$a/2 = 275 * 2 = 137.5 \text{ cm}$$

$$Muy \text{ total} = 153.67 \text{ kg.m} = 153.67 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

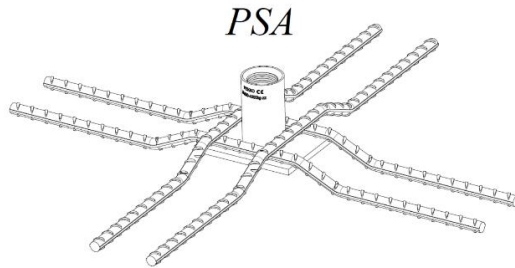
$$Z = \frac{1}{6} a/2 \text{ tebal plat}^2 = \frac{1}{6} \times 137.5 \times 11^2 = 2772.91 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{Mux}{Z} = \frac{153.67}{2772.91} = 0.544 \text{ MPa}$$

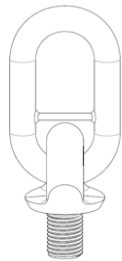
$$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$$

#### 5.1.1.4 Pemilihan profil pengangkatan

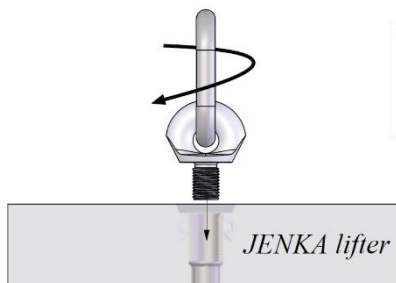
Tulangan angkat untuk plat menggunakan *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan PSA Short Insert (JRd20) dengan pengkait JL. Pada setiap titik angkat, profil ini mampu mengangkat beban dengan berat maksimal 20 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 5. 4 Profil PSA



Gambar 5. 5 Profil Kait JL



Gambar 5. 6 Kait Jengka Lifter

Berikut rekapitulasi dari perencanaan plat yang dapat dilihat pada :

### 5.1.2 Lendutan pada Plat

Perencanaan lendutan pada plat mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 9.5. Karena ketebalan yang dipakai lebih besar dari tebal minimum maka tebal palt tidak perlu diperhitungkan.

Gambar 5. 7 Rekapitulasi Tulangan Plat

Kode Plat	Penulangan				Tegangan Angkat		
	Tulangan pakai				Tulangan Angkat	$\sigma$ terjadi (MPa)	$\sigma$ ijin (MPa)
	Tumpuan X	Lapangan X	Tumpuan Y	Lapangan Y			
P11	D13- 200	D13- 200	D13-250	D13-250	D10	0.391	3.56
P12	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.394	3.56
P13	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.92	3.56
P14	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.42	3.56
P15	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.427	3.56
P16	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.425	3.56
P17	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.544	3.56
P18	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.547	3.56
P19	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.544	3.56
PL11	D13- 200	D13-200	D13-250	D13-250	D10	0.332	3.56

### 5.2 Perencanaan Balok Anak

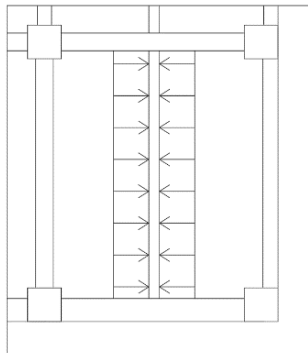
Beban yang akan diterima oleh balok anak adalah beban dari plat lantai ini dikarenakan plat lantai menumpu pada 2 titik yaitu pada balok induk dan balok anak. Balok anak dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan bentangnya. Perencanaan balok anak dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Proses pengangkatan balok anak, kondisi ini terjadi pada proses pengangkatan balok anak dari truk pengangkut ke tempat yang direncanakan.

2. Sebelum komposit, kondisi ini terjadi ketika balok anak sudah diletakan dan plat sudah diletakan pada balok anak dan beton *overtopping* dituang namun masih belum mengeras sehingga beton pracetak dan beton *overtopping* belum menyatu.
3. Sesudah komposit, kondisi ini terjadi ketika beton *overtopping* sudah mengeras dan menyatu dengan beton pracetak sehingga dapat memikul beban secara bersama.

### 5.2.1 Perencanaan pembebanan pada balok anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah beban mati balok anak dan beban mati plat dan ditambah beban hidup merata yang bekerja pada plat lantai. Distribusi beban pada balok anak sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi yang bekerja sepanjang bentang balok anak. Berikut distribusi beban pada balok anak yang dapat dilihat pada Gambar 5. 8r



Gambar 5. 8 Distribusi beban pada balok anak

### 5.2.2 Data Perencanaan

- Kode balok = BA11
- Dimensi Sebelum komposit = 35 cm x 29 cm
- Dimensi setelah komposit = 35 cm x 45 cm
- Bentang = 750 cm
- Tebal *overtopping* = 16 cm
- $f'_c$  (7 hari) = 26 Mpa
- $f_y$  = 420 Mpa
- Tulangan longitudinal = 25 cm
- Tulangan transversal = 13 cm
- Decking = 5 cm

### 5.2.3 Pembebanan

- Sebelum Komposit

#### Beban Mati

- Berat balok anak :  $0.45 \times 0.35 \times 2400$  : 378 kg/m
- Berat Overtopping :  $0.16 \times 2.25 \times 2400$  : 864 kg/m
- Qdl ( $1.4 (378 + 864)$ ) : 1738.8 kg/m

- Setelah Komposit

Pembebanan pada saat komposit didapatkan dari hasil perhitungan ETABS

- Mu tumpuan : -185.69KNm
- Mu lapangan : 106.8 KNm
- Vu : 143.315 KN

- Pengangkatan

- Berat balok anak :  $b \times h$  (sebelum komposit)  $\times \gamma$  beton  
: 243.6 kg/m

### 5.2.4 Penulangan Lentur Balok Anak

- Perhitungan momen yang terjadi
  - Sebelum Komposit

- Mu lapangan :  $1/8 Q L^2$   
:  $1/8 \cdot 1738.8 \cdot 7.5^2 = 12225.93 \text{ kg.m}$
- Mu tumpuan : 0

- Kondisi sebelum komposit  
dx = tinggi balok – decking – transversal – 0.5 longitudinal  
dx =  $290 - 50 - 13 - 0.5 \times 25 = 214.5 \text{ cm}$
- Kondisi setelah komposit  
dx = tinggi balok – decking – transversal – 0.5 longitudinal  
dx =  $450 - 50 - 13 - 0.5 \times 25 = 374.5 \text{ cm}$
- Untuk mutu beton  $f_c$  26 Mpa , berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3 maka nilai  $\beta$  sebesar 0.85
- Maka didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times \beta \times f_c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times 0.85 \times 26}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.0197$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} = 0.00304$$

$$\rho_{min} = 0.0033$$

- Penulangan Sebelum Komposit  
- Penulangan Negatif Tumpuan



$$dx : 214.5 \text{ cm}$$

$$\text{Mu} : 0 \text{ kg.m}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 214.5 = 250.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{250.25}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\text{S tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 174 \text{ mm}$$

$$\text{S tulangan} > \text{S min (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25.**

- Penulangan Positif Tumpuan

$$dx : 215.5 \text{ cm}$$

$$\text{Mu} : 0 \text{ kg.m}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 214.5 = 250.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{250.25}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (25) = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{S tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 174 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{S tulangan} > \text{S min (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25.**

- Penulangan Positif Lapangan

$$dx : 214.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 12225.93 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{12225.93 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 215.5^2} = 8.43 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &: \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right) \\ &: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8.43}{0.85 \times 26}} \right) = 0.02702 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.02702$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.026 \times 350 \times 214.5 = 2028.87 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{2009.703}{490.87} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 5 \times \text{As (25)} = 2453.125 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{S tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 5 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{5 - 1} = 25.25 \text{ mm} \end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan positif lapangan 5D25.**

- Penulangan Negatif lapangan

$$dx : 214.5 \text{ cm}$$

$$\text{Mu} : 0 \text{ kg.m}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 215.5 = 250.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{250.25}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{S tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 12}{2 - 1} = 174 \text{ mm} \end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25.**

- o Penulangan Setelah Komposit
  - Penulangan Negatif Tumpuan

$$dx : 375.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 18569 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{18569 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 375.5^2} = 4.203 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4.203}{0.85 \times 26}} \right) = 0.0111$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0111$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0111 \times 350 \times 375.5 = 1467.988 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{1467.988}{490.87} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 3 \times \text{As (25)} = 1471.87 \text{ mm}^2$$

$$S_{\min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 12}{5 - 1} = 75.5 \text{ mm}$$

$S_{\text{tulangan}} > S_{\min}$  (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 3D25.**

## Kontrol Regangan Batas

$$a = \frac{As \times fy'}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1471.87 \times 420}{0.85 \times 26 \times 350} = 79.9 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{79.9}{0.85} = 94 \text{ mm}$$

$$\epsilon t = 0.003 \left( \frac{dt-c}{c} \right) = 0.003 \left( \frac{375.5-94}{94} \right) = 0.0089$$

$$\epsilon t > 0.005 \text{ (OKE)}$$

- Penulangan Positif Tumpuan

$$dx : 375.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 5126 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{5126 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 375.5^2} = 1.16 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 \times fc}{fy} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 \times fc}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.16}{0.85 \times 26}} \right) = 0.028$$

$$\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.00304$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.00304 \times 350 \times 375.5 = 397.83 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{397.83}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

S tulangan =

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 174 \text{ mm}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25**

- Penulangan Positif Lapangan

dx : 375.5 cm

Mu : 10680 kg.m

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{10680 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 375.5^2} = 2.404 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.4}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00611$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.00611$

As perlu :  $\rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$

$$: 0.00607 \times 350 \times 375.5 = 800.95 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n) :  $\frac{As_{\text{perlu}}}{As(25)} = \frac{798.54}{490.87} \approx 3 \text{ buah}$

As pakai :  $3 \times As(25) = 1471.87 \text{ mm}^2$

S min : D = 25 mm

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 12}{3 - 1} = 75.5 \text{ mm}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan positif lapangan 3D25.**

Kontrol Regangan Batas

$$a = \frac{A_s \times f_y'}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1471.87 \times 420}{0.85 \times 26 \times 350} = 79.9 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{79.9}{0.85} = 94 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d_t - c}{c} \right) = 0.003 \left( \frac{375.5 - 94}{94} \right) = 0.0089$$

$\epsilon_t > 0.005$  (OKE)

- Penulangan Negatif Lapangan

$$d_x : 375.5 \text{ cm}$$

$$M_u : 3960 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{M_u}{0.9 \times b \times d_x^2} = \frac{3960 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 375.5^2} = 0.89 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} & : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) \\ & : \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0.89} \right) = 0.0021 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$

$$A_s \text{ perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 375.5 = 433.702 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{433.702}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (25) = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{S tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 174 \text{ mm} \end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25.**

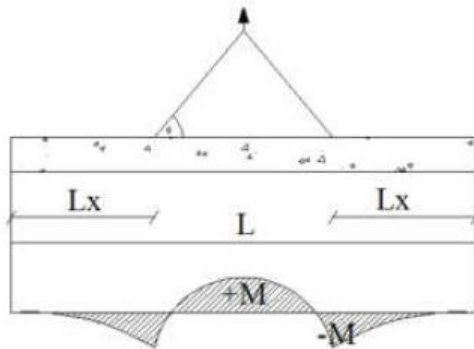
Penulangan akibat pengangkatan

$dx = \text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{transversal} - 0.5 \text{ longitudinal}$

$$dx = 290 - 50 - 12 - 0.5 \times 25 = 214.5 \text{ cm}$$

$$yt = yb = h/2 = 14.5 \text{ cm}$$

$$yc = yt + 5 = 19.5 \text{ cm}$$



Gambar 5. 9 Ilustrasi pengangkatan balok anak



$$+M = \frac{WL^2}{8} x \left(1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta}\right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$\text{Berat balok} = b \times h \times \gamma \text{ beton} = 243.6 \text{ kg.m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta}}{2\left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta}\right)}\right)}$$

$$X = \frac{1.104}{4.69} = 0.234 \approx 0.25$$

$$lx = 750 \times 0.25 = 188 \text{ cm}$$

$$L - 2Lx = 750 - 2 \times 188 = 374 \text{ cm}$$

$$+M = \frac{WL^2}{8} x \left(1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta}\right) = 281.229 \text{ kg.m}$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2} = 378.2 \text{ kg.m}$$

Karena momen yang dihasilkan sangat kecil maka  $\rho$  tulangan untuk tumpuan dan lapangan dipakai  $\rho$  min

$$dx : 375.5 \text{ cm}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 215.5 = 250.82 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{228.92}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\text{S tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 174 \text{ mm}$$

$$\text{S tulangan} > \text{S min (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan lapangan dan tumpuan sejumlah 2D25.**

### 5.2.5 Perhitungan Tulangan Geser

Perencanaan tulangan geser pada balok anak berdasarkan pada SNI 2847-2013 . Perencanaan tulangan geser pada balok anak dibagi menjadi 2 kondisi, kondisi sebelum komposit dan setelah komposit.

- Sebelum Komposit

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l^2 = 65.205 \text{ KN}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f_c} b d$$

$$= 0.17 \sqrt{26} \times 350 \times 214.5 = 65.38 \text{ KN}$$

$$0.5\emptyset V_c = 0.5 \times 0.75 \times V_c = 24.51 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0.85 \times V_c = 49.035 \text{ KN}$$

$$V_s \text{ min} = 0.062 \sqrt{f_c x} b x d = 128.19 \text{ KN}$$

Syarat

Kondisi 1

$$V_u > 0.5 \emptyset V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0.5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 3

$$\emptyset V_c < V_u < \emptyset(V_c + V_s \text{ min}) \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.5.1 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S :  $dx / 2 = 107.25 \text{ mm}$
- S : 600mm
- S pakai : 100 mm

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$A_v = n \frac{1}{2} \pi d(13)^2$$

$$= 265.464 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{226.194 \times 420 \times 214.5}{100} \\
 &= \frac{226.194 \times 420 \times 214.5}{100} \\
 &= 239.15 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_s > V_u \text{ (OK)}$$

**Maka tulangan geser dibagian tumpuan dan lapangan adalah 2D13– 100mm**

- Setelah Komposit

$$V_u = 143.315 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f_c} b d \\
 &= 0.17 \sqrt{26 \times 350 \times 214.5} = 113.92 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 0.5 \times 0.85 \times V_c = 42.72 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0.85 \times V_c = 96.85 \text{ KN}$$

$$V_s \text{ min} = 0.062 \sqrt{f_c} b \times d = 41.54 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} b \times d = 223.37 \text{ KN}$$

Syarat

Kondisi 1

$$V_u > 0.5 \emptyset V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0.5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 3

$$\emptyset V_c < V_u < \emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \emptyset (V_c + V_s) \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.5.1 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S :  $dx / 2 = 187.25 \text{ mm}$
- S :  $600 \text{ mm}$
- S pakai :  $150 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$A_v = n \frac{1}{2} \pi d(13)^2$$

$$= 265.494 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$= \frac{226.194 \times 420 \times 374.5}{150}$$

$$= 278.366 \text{ KN}$$

$$V_s > V_u \text{ (OK)}$$

**Maka tulangan geser dibagian tumpuan adalah 2D13  
– 150mm**

### 5.2.6 Pengangkatan Balok Anak

Perencanaan pengangkatan balok anak dilakukan untuk menghindari kerusakan yang mungkin akan terjadi pada balok anak. Pengangkatan balok anak diangkat dengan 2 titik angkat.

- Tulangan angkat balok anak

$$\text{Berat balok} = b \times h \times l \times \gamma \text{ beton} = 1827 \text{ kg}$$

$$\text{Faktor kejut (k)} = 1.2$$

$$\begin{aligned} \text{Qult} &= 1.4 \times k \times \text{berat beton} \\ &= 3069.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Tu &= \frac{q}{2 \times \sin 45} \\ &= 2170.36 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tegangan ijin

Sesuai dengan PBBBI pasal 2.2.2, tegangan Tarik ijin baja adalah :

$$\sigma \text{ ijin baja} = \frac{fy}{1.5} = \frac{250}{1.5} = 1698.94 \text{ kg/cm}^2$$

- Diameter tulangan angkat

$$\text{Diameter} = \sqrt{\frac{Tu}{\pi \times \sigma \text{ ijin}}} = 0.637 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$$

- Tegangan retak ( $f_r$ )

$$f_r = \frac{0.7 \sqrt{f_c}}{1.5}$$

$$f_r = \frac{0.7 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$= 2.37 \text{ MPa}$$

- Tegangan akibat +Mu dan -Mu

$$+Mu = 281.229 \text{ kg.m}$$

$$Z = \frac{1}{6} b x h^2 = \frac{1}{6} x 35 x 29^2 = 4905.833 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{Mux}{Z} = \frac{281.229}{4905.833} = 0.573 \text{ MPa}$$

$$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$$

$$- Mu = 378.205 \text{ kg.m}$$

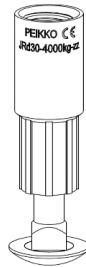
$$Z = \frac{1}{6} b x h^2 = \frac{1}{6} x 35 x 29^2 = 4905.833 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{Mux}{Z} = \frac{378.205}{4905.833} = 0.77 \text{ MPa}$$

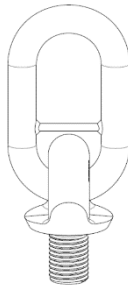
$$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$$

### 5.2.7 Pemilihan Profil Pengangkatan

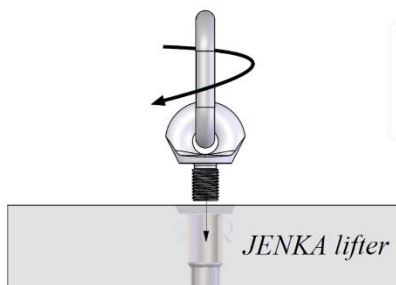
Tulangan angkat untuk balok anak menggunakan *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan BSA Short Insert (JRd24) dengan pengkait JL. Pada setiap titik angkat, profil ini mampu mengangkat beban dengan berat maksimal 25 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 5. 10 Profil BSA



Gambar 5. 11 Profil Kait JL



Gambar 5. 12 JENKA Lifter



Tabel 5. 1 Rekapitulasi tulangan balok anak

Kode Balok Anak	Bentang	B	H	Tulangan Lapangan			Tulangan Tumpuan			Sengkang	Tulangan Angkat (mm)
	(m)	(m)	(m)	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah		
BA11	7.5	350	450	2 D25	2 D25	3 D25	3 D25	2 D25	2 D25	2 D13-100	D12
BA12	6.5	350	450	2 D25	2 D25	3 D25	3 D25	2 D25	2 D25	2 D13-100	D12
BA13	6.2	350	450	2 D25	2 D25	3 D25	3 D25	2 D25	2 D25	2 D13-100	D12

### 5.3 Perancangan Tangga

Pada perancangan tangga, struktur tangga dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan ujung tangga sendir dan rol. Struktur tanggapan untuk setiap lantai tipikal.

#### 5.3.1 Data Perencanaan

- Tinggi lantai : 4 m
- Tinggi border : 2 m
- Lebat Tangga : 2 m
- Tebal Plat Tangga : 15 cm
- Tebal Plat bordes : 15 cm
- Lebar Injakan : 25 cm
- Tinggi injakan : 17 cm
- Jumlah anak tangga : 12 buah
- Panjang horizontal bidang miring : 300 cm
- Lebar Bordes : 150 cm
- Lebar Miring Tangga : 360 cm
- Sudut :  $33.69^\circ$
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 35 Mpa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Tebal tangga rata rata : Tebal tangga + tr
- Tr (tinggi rata rata) :  $\frac{i}{2} \sin \alpha$   
:  $\frac{30}{2} \sin 33.69$   
: 11.4 cm
- Tebal tanga rata rata :  $14 + 11.4 = 26$  cm

Setelah menentukan data perencanaan tangga, maka akan dilakukan control :

- $60 \leq 2(t+i) \leq 65$   
 $60 \leq 65 \leq 65$
- $25 \leq \alpha \leq 40$   
 $25 \leq 33.69 \leq 40$

### 5.3.2 Pembebanan Anak Tangga dan Plat Bordes

- Pembebanan Anak Tangga
  - Beban Mati
 

Plat tangga	= 2 x 0.26 x 2400	= 1248 kg/m
Spesi Horizontal	= 2 x 42	= 84 kg/m
Spesi vertikal	= 2 x 42	= 84 kg/m
Ubin Horizontal	= 2 x 42	= 48 kg/m
Ubin Vertikal	= 2 x 42	= 48 kg/m
Sandaran	= 2 x 42	= 50 kg/m
Total		= 1562 kg/m
  - Beban Hidup
 

Beban hidup	= 2 x 479	= 958 kg/m
-------------	-----------	------------
  - Kombinasi Beban (q1)
 

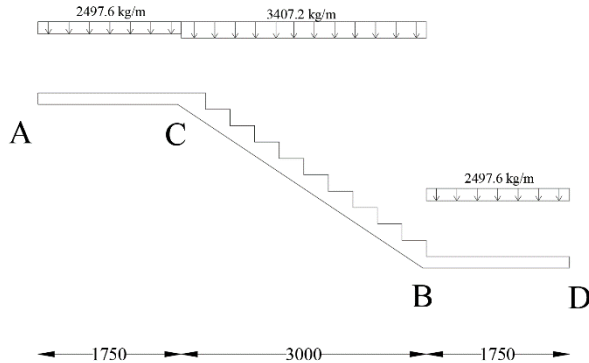
1.2 D + 1.6 L	= 1.2 (1562) + 1.6 (958)	= 3407.2 kg/m
---------------	--------------------------	---------------
- Pembebanan Plat bordes
  - Beban Mati
 

Plat Bordes	= 2 x 0.14 x 2400	= 572 kg/m
Spesi horizontal	= 2 x 42	= 84 kg/m
Ubin Vertikal	= 2 x 24	= 48 kg/m
Total		= 804 kg/m
  - Beban Hidup
 

Beban Hidup	= 2 x 479	= 958 kg/m
-------------	-----------	------------
  - Kombinasi Beban (q2)

$$1.2 D + 1.6 L = 1.2 (804) + 1.6 (958) = 2497.6 \text{ kg/m}$$

### 5.3.3 Perhitungan Gaya dalam Tangga



Gambar 5. 13 Beban pada Tangga

- Reaksi perletakan

$$\Sigma M_b = 0$$

$$0 = V_a (6.5) - q_2(1.75)(5.625) - q_1(3)(1.5+1.75) - q_2(1.75)(0.875)$$

$$0 = V_a (6.5) - 2497.6 (1.75) (5.625) - 3407.2 (3) (3.25) - 2497.7 (1.75) (0.875)$$

$$V_a = 9481.6 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_a + V_d - 2 q_2(1.75) - q_1 (3) = 0$$

$$9481.6 + V_d - 2 (2497.6) - 3407.2 (3) = 0$$

$$V_d = 9481.6 \text{ kg}$$

- Gaya Normal

- Pada Plat Bordes

$$0 < X < 1.75 \text{ dan } 4.75 < X < 6.5$$

- Pada anak tangga
  - $1.75 < X < 4.75$
  - $X = 1.75$
  - $$\begin{aligned} N_c &= (V_a - q_2(1.75)) \sin \alpha \\ &= (9481.6 - 2497.6(1.75)) \sin 33.69 \\ &= 2834.95 \text{ kg} \end{aligned}$$
  - $X = 4.75$
  - $$\begin{aligned} N_b &= N_c - (q_1(3)) \sin \alpha \\ &= 2834.95 - (3407.2(3)) \sin 33.69 \\ &= -2834.95 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya Lintang

- Pada Plat Bordes
  - $0 < X < 1.75$
  - $X = 0$
  - $$\begin{aligned} D_a &= V_a \\ &= 9481.6 \text{ kg} \end{aligned}$$
  - $X = 1.75$
  - $$\begin{aligned} D_c &= V_a - q_2(1.75) \\ &= 9481.6 - 2497.6(1.75) \\ &= 5110.8 \text{ kg} \end{aligned}$$
  - $4.75 < X < 6.5$
  - $X = 6.5$
  - $$\begin{aligned} D_d &= V_d \\ &= -9481.6 \text{ kg} \end{aligned}$$
  - $X = 4.75$
  - $$\begin{aligned} D_c &= V_d + q_2(1.75) \\ &= -9481.6 + 2497.6(1.75) \\ &= -5110.8 \text{ kg} \end{aligned}$$
- Pada Anak tangga
  - $1.75 < X < 4.75$

$$X = 1.75$$

$$\begin{aligned} Dc &= (Va - q2(1.75)) \cos \alpha \\ &= (9481.6 - 2497.6 (1.75)) \cos 33.69) \\ &= 4252.44 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 4.75$$

$$\begin{aligned} Db &= Dc - (q1(3)) \cos \alpha \\ &= 4252.44 - (3407.2 (3)) \cos 33.69) \\ &= -4252.44 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya Momen

- Pada Plat Bordes

$$0 < X < 1.75$$

$$X = 0$$

$$Ma = 0$$

$$X = 1.75$$

$$\begin{aligned} Mc &= Va(1.75) - q2(1.75)(0.875) \\ &= 9481.6 (1.75) - 2497.6 (1.75)(0.875) \\ &= 12768.35 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$4.75 < X < 6.5$$

$$X = 6.5$$

$$Md = 0$$

$$X = 4.75$$

$$\begin{aligned} Mb &= Va(4.75) - q2(1.75)(3.875) - q1 (3)(1.5) \\ &= 9481.6 (4.75) - 2497.6 (1.75)(3.875) - \\ &\quad 3407.2(3)(1.5) \\ &= 12768.35 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Pada Plat bordes

$$1.75 < X < 4.75$$

$$X = 1.75$$

$$Mc = 12768.35 \text{ kg.m}$$

$$X = 4.75$$

$$M_b = 12768.35 \text{ kg.m}$$

- Momen maksimum

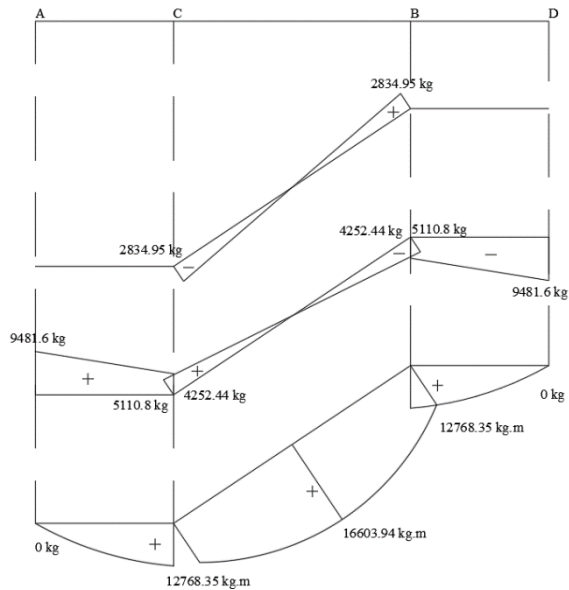
$$D = 0$$

$$V_a - q_2(1.75) - q_1(X) = 0$$

$$9481.6 - 2497.6(1.75) - 3407.2(X) = 0$$

$$X = 3.25$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= V_a(3.25) - q_2(1.75)(0.875 + 1.5) - q_1(1.5)(0.75) \\ &= 9481.6(3.25) - 2497(1.75)(2.375) - 3407.2(1.5)(0.75) \\ &= 16603.94 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 5. 14 Diagram gaya dalam pada tangga

### 5.3.4 Perhitungan Tulangan Tangga

$$f'c = 35 \text{ Mpa}$$

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

$$d \text{ longitudinal} = 19 \text{ mm}$$

$$d \text{ susut} = 13 \text{ mm}$$

$$dx = \text{tebal} - \text{selimut} - d \text{ tulangan}/2$$

$$= 140 - 20 - 19/2$$

$$= 110.5 \text{ mm}$$

$$\beta = 0.85 - 0.05 \left( \frac{f'c - 28}{7} \right)$$

$$= 0.85 - 0.05 \left( \frac{35 - 28}{7} \right)$$

$$= 0.8$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times \beta \times f'c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times 0.85 \times 35}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.025$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033$$

#### 5.3.4.1 Penulangan Lentur

- Anak Tangga

$$dx : 110.5$$

$$Mu : 16603.94 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{16603.94}{0.9 \times 2000 \times 110.5^2} = 7.55 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 x 35}{420} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 7.55}{0.85 x 35}} \right) = 0.0211$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.0211$

As perlu :  $\rho \text{ perlu} x b x dx$

$$: 0.0211 x 2000 x 110.5 = 4671.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (19)} = \frac{4671.6}{283.52} \approx 17 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 18 x \text{As (19)} = 4819.98 \text{ mm}^2$$

S max : 3 tebal plat

$$: 3 x 14$$

$$: 420 \text{ mm}$$

S max : 450 mm

$$\text{S perlu} : \frac{b}{\text{jumlah tulangan}}$$

$$: \frac{2000}{17} = 117.64 \text{ mm}$$

S pakai : 100 mm

**Maka tulangan lentur untuk anak tangga adalah D19-100 mm**

- Plat Bordes



$$dx : 110.5$$

$$Mu : 12768.35 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{12768.35}{0.9 \times 2000 \times 110.5^2} = 5.69 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 35}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 5.69}{0.85 \times 35}} \right) = 0.0152$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.0152$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.015 \times 2000 \times 110.5 = 3359.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (19)}} = \frac{3359.2}{283.52} \approx 12 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 12 \times \text{As (19)} = 3402.34 \text{ mm}^2$$

$$\text{S max} : 3 \text{ tebal plat}$$

$$: 3 \times 14$$

$$: 420 \text{ mm}$$

$$\text{S max} : 450 \text{ mm}$$

$$\text{S perlu} : \frac{b}{\text{jumlah tulangan}}$$

$$: \frac{2000}{12} = 166.6 \text{ mm}$$

$$\text{S pakai} : 150 \text{ mm}$$

**Maka tulangan lentur untuk palt bordes adalah D19-150 mm**

#### 5.3.4.2 Penulangan Geser

- Anak tangga

$$V_u = 9481.6 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} b d \quad (\text{SNI 2847-2013} \\ &\quad \text{pasal 11.2.1.2}) \\ &= 0.17 \left( 1 + \frac{2834.96}{14 \times 110.5 \times 2000} \right) \sqrt{35} 2000 110.5 \\ &= 192955.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{V_u}{\phi} < V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}$$

- Plat bordes

$$V_u = 4252.4 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} b d \quad (\text{SNI 2847-2013} \\ &\quad \text{pasal 11.2.1.2}) \\ &= 0.17 \left( 1 + \frac{2834.96}{14 \times 110.5 \times 2000} \right) \sqrt{35} 2000 110.5 \\ &= 192955.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{V_u}{\phi} < V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}$$

### 5.3.4.3 Penulangan Susut

- Anak tangga

$$dx = 9481.6 \text{ kg}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 rasio tulangan terhadap luas bruto penampang adalah 0.0018

$$\begin{aligned} \text{As perlu} & : \rho \text{ perlu} \times b \times dx \\ & : 0.0018 \times 2000 \times 110.5 = 397.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (13)}} = \frac{397.8}{132.73} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 4 \times \text{As (13)} = 530.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{S max} : 3 \text{ tebal plat}$$

$$: 3 \times 14$$

$$: 420 \text{ mm}$$

$$\text{S max} : 450 \text{ mm}$$

$$\text{S perlu} : \frac{b}{\text{jumlah tulangan}}$$

$$: \frac{2000}{4} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{S pakai} : 300 \text{ mm}$$

**Maka tulangan susut untuk anak tangga adalah D13-300 mm**

- Plat bordes

$$dx = 9481.6 \text{ kg}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 rasio tulangan terhadap luas bruto penampang adalah 0.0018

$$\begin{aligned} \text{As perlu} & : \rho \text{ perlu} \times b \times dx \\ & : 0.0018 \times 2000 \times 110.5 = 397.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (13)}} = \frac{397.8}{132.09} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 4 \times \text{As (12)} = 530.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{S max} : 3 \text{ tebal plat}$$

$$: 3 \times 14$$

$$: 420 \text{ mm}$$

$$\text{S max} : 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{S perlu} & : \frac{b}{\text{jumlah tulangan}} \\ & : \frac{2000}{4} = 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{S pakai} : 300 \text{ mm}$$

**Maka tulangan susut untuk anak tangga adalah D13-300 mm**

#### 5.3.4.4 Penulangan Bagi

- Anak tangga

$$dx = 110.5 \text{ kg}$$

$$\text{As perlu} : 0.2 \times \text{As tulangan longitudinal}$$

$$: 0.2 \times 4819.9 = 963.99 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} \quad : \frac{As \text{ perlu}}{As (13)} = \frac{963.99}{132.73} \approx 8 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} \quad : 8 \times As (13) = 1061.59 \text{ mm}^2$$

$$\text{S max} \quad : 3 \text{ tebal plat}$$

$$: 3 \times 14$$

$$: 420 \text{ mm}$$

$$\text{S max} \quad : 450 \text{ mm}$$

$$\text{S perlu} \quad : \frac{b}{\text{jumlah tulangan}}$$

$$: \frac{2000}{8} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{S pakai} \quad : 200 \text{ mm}$$

**Maka tulangan bagi untuk anak tangga adalah D13-200 mm**

- Plat bordes

$$dx = 110.5 \text{ kg}$$

$$\text{As perlu} \quad : 0.2 \times \text{As tulangan longitudinal}$$

$$: 0.2 \times 3359.24 = 671.884 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} \quad : \frac{As \text{ perlu}}{As (12)} = \frac{671.884}{132.7} \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} \quad : 6 \times As (13) = 796.63 \text{ mm}^2$$

$$\text{S max} \quad : 3 \text{ tebal plat}$$

$$: 3 \times 14$$

$$\begin{aligned}
 & : 420 \text{ mm} \\
 S \text{ max} & : 450 \text{ mm} \\
 S \text{ perlu} & : \frac{b}{\text{jumlah tulangan}} \\
 & : \frac{2000}{6} = 333.3 \text{ mm} \\
 S \text{ pakai} & : 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Maka tulangan bagi untuk plat bordes adalah D13-200 mm**

### 5.3.5 Pengangkatan Tangga

Perencanaan pengangkatan tangga bertujuan agar pada saat pengangkatan tangga tidak terjadi kegagalan pada tangga. Pengangkatan tangga memiliki konsep yang sama dengan pengangkatan plat lantai. Jumlah titik angkat pada tangga sebanyak 8 titik.

- Tulangan angkat balok anak

$$Berat \text{ balok} = ((A \text{ bordes} \times tebal) + (A \text{ tangga} \times tebal)) \times \gamma \text{ beton}$$

$$Berat \text{ balok} = 6851.8 \text{ kg}$$

$$Faktor \text{ kejut } (k) = 1.2$$

$$\begin{aligned}
 Qult & = k \times berat \text{ beton} \\
 & = 8222.07
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Tu & = \frac{q}{8} \\
 & = 1027.75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tegangan ijin

Sesuai dengan PBBBI pasal 2.2.2, tegangan Tarik ijin baja adalah :

$$\sigma \text{ ijin baja} = \frac{f_y}{1.5} = \frac{250}{1.5} = 1698.94 \text{ kg/cm}^2$$

- Diameter tulangan angkat

$$\text{Diameter} = \sqrt{\frac{T_u}{\pi \times \sigma \text{ ijin}}} = 0.438 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

- Tegangan retak (fr)

$$f_r = \frac{0.7 \sqrt{f_c}}{1.5}$$

$$f_r = \frac{0.7 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$= 2.37 \text{ MPa}$$

- Tegangan akibat +Mu dan -Mu

Momen pada tangga didapatkan dari hasil permodelan tangga pada program bantu SAP 2000. Sehingga didapatkan momen sebagai berikut :

$$+M_u = 109.31 \text{ kg.m}$$

$$-M_u = -182.18 \text{ kg.m}$$

$$+M_u = 109.31 \text{ kg.m}$$

$$Z = \frac{1}{6} b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 200 \times 14^2 = 6533.3 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{M_u \times}{Z} = \frac{109.31}{6533.3} = 0.167 \text{ MPa}$$

$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$

$$- \text{Mu} = 182.18 \text{ kg.m}$$

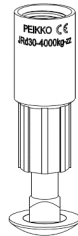
$$Z = \frac{1}{6} b x h^2 = \frac{1}{6} x 200 x 14^2 = 6533.3 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{\text{Mux}}{Z} = \frac{182.18}{5798.4} = 0.274 \text{ MPa}$$

$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$

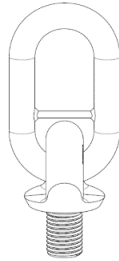
### 5.3.6 Pemilihan Profil Pengangkatan

Tulangan angkat untuk tangga menggunakan *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan BSA Short Insert (JRd24) dengan pengkait JL. Pada setiap titik angkat, profil ini mampu mengangkat beban dengan berat maksimal 25 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 5. 15 Profil BSA





Gambar 5. 16 Profil Kait JL



Gambar 5. 17 JENKA Lifter

Tabel 5. 2 Rekapitulasi tulangan pada tangga

Bagian	Tulangan		
	Lentur	Bagi	Susut
Plat Tangga	D19 - 100	D13 - 200	D13 - 300
Plat Bordes	D19 - 150	D13 - 200	D13 - 300

## 5.4 Perencanaan Balok Kantilever

### 5.4.1 Data Perencanaan

- Kode Balok Kantilever = BL11
- Dimensi Sebelum komposit = 35 cm x 29 cm

- Dimensi setelah komposit = 35 cm x 40 cm
- Bentang = 200 cm
- Tebal *overtopping* = 16 cm
- $f'c$  (7 hari) = 26 Mpa
- $f_y$  = 420 Mpa
- Tulangan longitudinal = 25 cm
- Tulangan transversal = 13 cm
- Decking = 4 cm

#### 5.4.2 Pembebanan

- Sebelum Komposit

##### Beban Mati

- Berat balok kantilever :  $0.45 \times 0.29 \times 2400$  : 336 kg/m
- Berat Overtopping :  $0.16 \times 5.15 \times 2400$  : 1977.6 kg/m
- Qdl ( $1.4 (336 + 1977.6)$ ) : 3239.04 kg/m

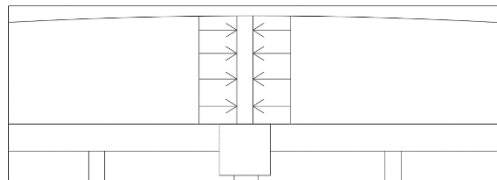
- Setelah Komposit

Pembebanan pada saat komposit didapatkan dari hasil perhitungan ETABS

- $M_u$  negatif tumpuan : -87.19KNm
- $M_u$  positif tumpuan : 31 KNm
- $M_u$  positif lapangan : 2 KNm
- $M_u$  negative lapangan : -21 KNm
- $V_u$  : 109.48 KN

- Pengangkatan

- Berat balok kantilever :  $b \times h$  (sebelum komposit) x  $\gamma$  beton : 201.6 kg/m



Gambar 5. 18 Distribusi Beban pada Balok Kantilever

## 5.4.3 Penulangan Lentur Balok Kantilever

- Perhitungan momen yang terjadi
  - Sebelum Komposit
    - Mu Tumpuan :  $1/8 Q L^2$   
:  $1/2 \cdot 3239.04 \cdot 2^2 = 6478.08 \text{ kg.m}$
    - Mu Lapangan :  $1/8 Q L^2$   
:  $1/8 \cdot 3236.04 \cdot 2^2 = 1619.52 \text{ kg.m}$
- Kondisi sebelum komposit  
dx = tinggi balok – decking – transversal – 0.5 longitudinal  
dx =  $240 - 40 - 13 - 0.5 \times 25 = 174.5 \text{ cm}$
- Kondisi setelah komposit  
dx = tinggi balok – decking – transversal – 0.5 longitudinal  
dx =  $400 - 40 - 13 - 0.5 \times 25 = 334.5 \text{ cm}$
- Untuk mutu beton  $f_c$  26 Mpa , berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3 maka nilai  $\beta$  sebesar 0.85
- Maka didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times \beta \times f_c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times 0.85 \times 26}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.0197$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} = 0.00304$$

$$\rho \text{ min} = 0.0033$$

- Penulangan Sebelum Komposit
  - Penulangan Negatif Tumpuan

$$dx : 174.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 6478.08 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{6478.08 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 174.5^2} = 6.75 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.75}{0.85 \times 26}} \right) = 0.019$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.019$

$$\text{As perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.019 \times 350 \times 174.5 = 1209.83 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{1209.83}{490.87} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 3 \times \text{As (25)} = 1471.875 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 13}{3 - 1} = 84.5 \text{ mm}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 3D25. Dan untuk tulangan positif tumpuan digunakan 2D25**

- Penulangan Positif Lapangan

$$dx \quad : 174.5 \text{ cm}$$

$$Mu \quad : 1619.52 \text{ kg.m}$$

$$Rn \quad : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{1619.52 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 174.5^2} = 1.68 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} & : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right) \\ & : \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.68}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00418 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.00418$

$$\text{As perlu} \quad : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.00418 \times 350 \times 174.5 = 255.699 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{255.699}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} \quad : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$S_{\min} \quad : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} & = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\ & = \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 13}{2 - 1} = 194 \text{ mm} \end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25 dan tulangan positif lapangan 2D25**

- Penulangan Setelah Komposit
  - Penulangan Negatif Tumpuan

$$dx : 334.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 8718.2 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{8718.2 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 334.5^2} = 2.475 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.475}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00626$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.00626$

$$As \text{ perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$

$$: 0.00626 \times 350 \times 334.5 = 733.13 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{733.13}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} : 2 \times As (25) = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 194 \text{ mm}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25.**

- Penulangan Positif Tumpuan

$$dx : 334.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 3100 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{3100 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 334.5^2} = 0.875 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &: \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right) \\ &: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.875}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00213 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$

$$As \text{ perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 334.5 = 386.33 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{386.33}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} : 2 \times As (25) = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 194 \text{ mm}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25.**

- Penulangan Positif Lapangan

$$dx : 334.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 200 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{200 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 334.5^2} = 0.0567 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.0567}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00013$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 334.5 = 386.33 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{355.33}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$S_{\min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 194 \text{ mm}$$

$$S_{\text{tulangan}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25.**

- Penulangan Negatif Lapangan



$$dx : 334.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 2100 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{2100 \times 10000}{0.9 \times 350 \times 334.5^2} = 0.5958 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &: \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right) \\ &: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.5958}{0.85 \times 26}} \right) = 0.0014 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.00304$

$$As \text{ perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 334.5 = 386.33 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{355.33}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} : 2 \times As (25) = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 194 \text{ mm}$$

$$S \text{ tulangan} > S \text{ min (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25.**

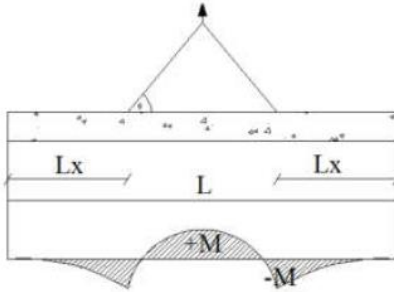
Penulangan akibat pengangkatan

$$dx = \text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{transversal} - 0.5 \text{ longitudinal}$$

$$dx = 240 - 50 - 13 - 0.5 \times 25 = 174.5 \text{ cm}$$

$$y_t = y_b = h/2 = 12 \text{ cm}$$

$$y_c = y_t + 5 = 17 \text{ cm}$$



Gambar 5. 19 Ilustrasi pengangkatan balok anak

$$+M = \frac{WL^2}{8} x \left( 1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$\text{Berat balok} = b \times h \times \gamma \text{ beton} = 201.6 \text{ kg.m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = \frac{1.34}{4.78} = 0.279 \approx 0.28$$

$$lx = 200 \times 0.28 = 56 \text{ cm}$$

$$L - 2Lx = 200 - 2 \times 56 = 84 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 +M &= \frac{WL^2}{8} x \left( 1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta} \right) \\
 &= 22.274 \text{ kg.m} \\
 -M &= \frac{WX^2L^2}{2} \\
 &= 31.5 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Karena momen yang dihasilkan sangat kecil maka  $\rho$  tulangan untuk tumpuan dan lapangan dipakai  $\rho$  min

$$dx : 174.5 \text{ cm}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 174.5 = 201.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{201.54}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{min}} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 12}{2 - 1} = 176 \text{ mm}$$

$$S_{\text{tulangan}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan lapangan dan tumpuan sejumlah 2D25.**

#### 5.4.4 Perhitungan Tulangan Geser

Perencanaan tulangan geser pada balok kantilever berdasarkan pada SNI 2847-2013 . Perencanaan tulangan geser pada balok anak dibagi menjadi 2 kondisi, kondisi sebelum komposit dan setelah komposit.

##### ○ Sebelum Komposit

$$V_u = q_u \times l = 64.78 \text{ KN}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f_c} b d$$

$$= 0.17 \sqrt{26} \times 350 \times 174.5 = 52.94 \text{ KN}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 0.5 \times 0.75 \times V_c = 22.5 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0.85 \times V_c = 45 \text{ KN}$$

$$V_{s \text{ min}} = 0.062 \sqrt{f_c} b x d = 19.308 \text{ KN}$$

$$V'_{s} = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} b x d = 103.807 \text{ KN}$$

Syarat

Kondisi 1

$$V_u > 0.5 \emptyset V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0.5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 3

$$\emptyset V_c < V_u < \emptyset (V_c + V_{s \text{ min}}) \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_{s \text{ min}}) < V_u < \emptyset (V_c + V'_{s}) \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.5 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S :  $dx / 2 = 87.25 \text{ mm}$
- S : 650 mm
- S pakai : 80 mm

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$A_v = n \frac{1}{2} \pi d(13)^2$$

$$= 265.46 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$= \frac{265.46 \times 420 \times 174.5}{80}$$

$$= 243.19 \text{ KN}$$

$$V_s > V_u \text{ (OK)}$$

**Maka tulangan geser dibagian tumpuan lapangan adalah 2D13 – 80mm**

○ Sebelum Komposit

$$V_u = 109.48 \text{ KN}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f_c} b d$$

$$= 0.17 \sqrt{26} \times 350 \times 334.5 = 101.48 \text{ KN}$$

$$0.5\emptyset Vc = 0.5 \times 0.75 \times Vc = 43.13 \text{ KN}$$

$$\emptyset Vc = 0.85 \times Vc = 86.26 \text{ KN}$$

$$Vs \text{ min} = 0.062 \sqrt{f_c} b \times d = 37.01 \text{ KN}$$

$$V's = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} b \times d = 198.98 \text{ N}$$

Syarat

Kondisi 1

$$Vu > 0.5 \emptyset Vc \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0.5 \emptyset Vc < Vu < \emptyset Vc \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 3

$$\emptyset Vc < Vu < \emptyset(Vc + Vs \text{ min}) \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.5 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S :  $dx / 2 = 167.25 \text{ mm}$
- S : 600 mm
- S pakai : 150 mm

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$Vs = \frac{Av fy d}{S}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= n \frac{1}{2} \pi d(13)^2 \\
 &= 265.46 \text{ mm}^2 \\
 V_s &= \frac{A_v f_y d}{S} \\
 &= \frac{265.46 \times 420 \times 334.5}{150} \\
 &= 248.643 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_s > V_u \text{ (OK)}$$

**Maka tulangan geser dibagian tumpuan dan lapangan adalah 2D13 – 150mm**

#### 5.4.5 Pengangkatan Balok Kantilever

Perencanaan pengangkatan balok kantilever dilakukan untuk menghindari kerusakan yang mungkin akan terjadi pada balok anak. Pengangkatan balok kantilever diangkat dengan 2 titik angkat.

- Tulangan angkat balok kantilever

$$\text{Berat balok} = b \times h \times l \times \gamma_{\text{beton}} = 403.2 \text{ kg}$$

$$\text{Faktor kejut (k)} = 1.2$$

$$\text{Qult} = 1.4 \times k \times \text{berat beton}$$

$$= 677.376 \text{ kg}$$

$$\text{Tu} = \frac{q}{2 \times \sin 45}$$

$$= 478.97 \text{ kg}$$

- Tegangan ijin

Sesuai dengan PBBBI pasal 2.2.2, tegangan Tarik ijin baja adalah :

$$\sigma \text{ ijin baja} = \frac{fy}{1.5} = \frac{250}{1.5} = 1698.94 \text{ kg/cm}^2$$

- Diameter tulangan angkat

$$\text{Diameter} = \sqrt{\frac{Tu}{\pi \times \sigma \text{ ijin}}} = 0.299 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

- Tegangan retak (fr)

$$fr = \frac{0.7 \sqrt{fc}}{1.5}$$

$$fr = \frac{0.7 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$= 2.37 \text{ MPa}$$

- Tegangan akibat +Mu dan -Mu

$$+Mu = 22.27 \text{ kg.m}$$

$$Z = \frac{1}{6} b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 35 \times 24^2 = 3360 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{Mux}{Z} = \frac{22.27}{3360} = 0.066 \text{ MPa}$$

$$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$$

$$- Mu = 31.55 \text{ kg.m}$$



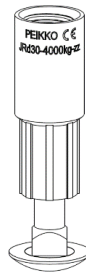
$$Z = \frac{1}{6} b x h^2 = \frac{1}{6} x 35 x 24^2 = 3360 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{M_{ux}}{Z} = \frac{31.55}{3360} = 0.093 \text{ MPa}$$

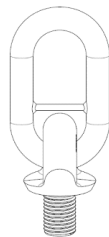
$$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$$

#### 5.4.6 Pemilihan Profil Pengangkatan

Tulangan angkat untuk balok kantilever menggunakan *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan BSA Short Insert (JRd24) dengan pengkait JL. Pada setiap titik angkat, profil ini mampu mengangkat beban dengan berat maksimal 25kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 5. 20 Profil BSA



Gambar 5. 21 Profil Kait JL



Gambar 5. 22 JENKA Lifter

Tabel 5. 3 Rekapitulasi tulangan balok kantilever

Kode Balok Kantilever	BL11		BL12		BL13	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Bentang	2 m		1.8 m		1 m	
Dimensi	300 x 350		300 x 350		300 x 350	
Atas	3 D25	2 D25	3 D25	2 D25	3 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Sengkang	2 D13-80		2 D13-80		2 D13-80	
Tulangan angkat	D12		D12		D12	

## **BAB VI**

### **Pembebanan dan Analisa Struktur**

#### 6.1 Umum

Perencanaan apartemen 15 lantai menggunakan *software* ETABS V16. Permodelan struktur ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan struktur untuk menahan beban. Pembebanan berdasarkan PPIUG 1983 dan SNI 1727-2013. Dan pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2012.

#### 6.2 Permodelan Struktur

Permodelan struktur menggunakan ETABS v16 dengan jumlah lantai sebanyak 15 lantai dan tinggi 60 meter. Permodelan berlokasi Surabaya dengan kelas situs SE.

#### 6.3 Pembebanan

##### 6.3.1 Beban Mati

Beban Mati mengacu pada PPIUG 1983 :

- Berat beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Spesi Ubin : 21 kg/m<sup>2</sup>
- Ubin : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung Plafon : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Plafon : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Ducting Plumbing : 30 kg/m<sup>2</sup>
- Dinding : 200 kg/m<sup>2</sup>

Berikut rekap hasil perhitungan beban struktur.

Jenis Beban Mati	Berat		Luas (m2)	tebal (m)		Jumlah	Berat (kg)
Lantai	2400	kg/m <sup>3</sup>	736.34	0.16		15	4241318.4
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	736.34			15	77315.7
Plafon	7	kg/m <sup>2</sup>	736.34			15	77315.7
Ubin	48	kg/m <sup>2</sup>	736.34			15	530164.8
Dinding	200	kg/m <sup>2</sup>	736.34			15	2209020
Spesi (2cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	736.34			15	463894.2
Ducting dan Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	736.34			15	331353
	Berat		L (m)	B (m)	H (m)	Jumlah	Berat (kg)
B11	2400	kg/m <sup>3</sup>	6.2	0.4	0.6	105	343728
B12	2400	kg/m <sup>3</sup>	6.5	0.4	0.6	90	308880
B13	2400	kg/m <sup>3</sup>	7.5	0.5	0.65	105	614250
B14	2400	kg/m <sup>3</sup>	6.5	0.4	0.6	60	205920
B15	2400	kg/m <sup>3</sup>	5.5	0.4	0.6	150	435600
BA11	2400	kg/m <sup>3</sup>	6.2	0.35	0.45	120	281232
BA12	2400	kg/m <sup>3</sup>	6.5	0.35	0.45	90	221130
BA13	2400	kg/m <sup>3</sup>	7.5	0.35	0.45	75	212625
B16	2400	kg/m <sup>3</sup>	6.2	0.4	0.6	90	294624
BL11	2400	kg/m <sup>3</sup>	2	0.35	0.4	45	30240
BL12	2400	kg/m <sup>3</sup>	1.8	0.35	0.4	30	18144
BL13	2400	kg/m <sup>3</sup>	1	0.35	0.4	30	10080
K11	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.95	0.95	4	120	1039680
K12	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.8	0.8	4	120	737280
K13	2400	kg/m <sup>3</sup>	0.7	0.7	4	120	564480
Shearwall	2400	kg/m <sup>3</sup>	17.5	0.27	4	15	680400
W total							13,928,674.80

Tabel 6. 1 Rekapitulasi Beban Struktur

### 6.3.2 Beban Hidup

Beban Hidup mengacu pada SNI 1727-2013:

- Beban Apartemen : 192 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Atap : 96 kg/m<sup>2</sup>

Berikut rekap hasil perhitungan beban hidup

Tabel 6. 2 Rekapitulasi Beban Hidup

Jenis Beban Hidup	Beban		Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah	Berat (kg)
Beban Apartemen	192	kg/m <sup>2</sup>	736.34	14	1979281.92
Beban Atap	96	kg/m <sup>2</sup>	736.34	1	70688.64
W total					2,049,970.56

### 6.3.3 Beban Gempa Dinamis

Beban Gempa mengacu pada SNI 1726-2012

#### 6.3.3.1 Faktor Keutamaan Gempa

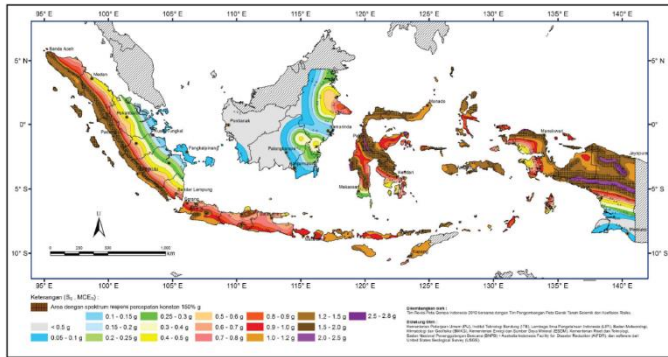
Faktor Keutamaan Gempa dipengaruhi oleh jenis gedung. Pada tugas akhir ini gedung yang dimodelkan adalah gedung apartemen yang termasuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) adalah 1.

#### 6.3.3.2 Kelas Situs

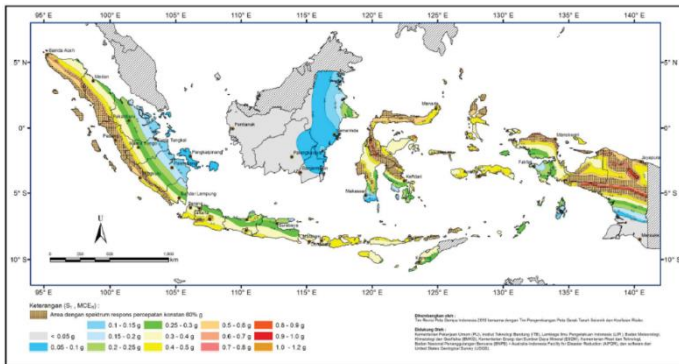
Kelas situs didapatkan dari hasil pengumpulan data tanah. Didapatkan  $N_{SPT} = 13.95 < 15$ , sehingga dapat disimpulkan tanah masuk dalam kelas situs SE.

### 6.3.3.3 Parameter Respon Spectral

(a)



(b)



Gambar 6. 1 Peta Indonesia untuk menentukan (a) periode pendek 0.2 Detik ( $S_1$ ) dan (b) periode 1 Detik ( $S_s$ )

$S_s$ , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko ketersediaan (MCER). Untuk percepatan periode pendek 0.2 didapatkan dari Gambar 6.  $1S_s$  didapatkan 0.7 s.

$S_1$ , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko ketersediaan (MCER). Untuk percepatan periode pendek 1 didapatkan dari Gambar 6.  $1S_1$  didapatkan 0.3 s.

Tabel 6.3 Parameter Respon Spectral dan ercepatan Spectral Desain

Variable	Nilai
Ss	0.7
S1	0.3
Fa	1.3
Fv	2.8
Sms	0.91
Sm1	0.84
Sds	0.61
Sd1	0.56
To	0.18
Ts	0.92

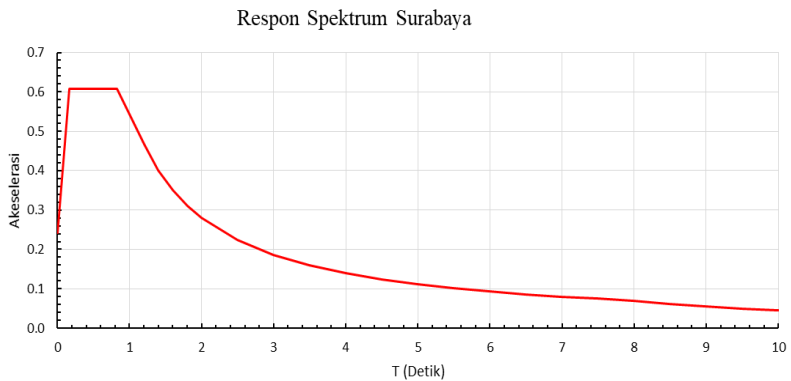
#### 6.3.3.4 Periode Fundamental dan Grafik Respon Spectrum

Untuk Periode Fundamental dan Grafik Respon Spectrum didapatkan dari ETABS v16.

Tabel 6.4 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektral.

Respon Spektrum	
T (detik)	Akselerasi
0	0.243
0.18	0.606
0.92	0.606
1.2	0.467
1.4	0.400
1.6	0.350
1.8	0.311
2	0.280
2.5	0.224
3	0.187
3.5	0.160

T (detik)	Akselerasi
4	0.140
4.5	0.124
5	0.112
5.5	0.102
6	0.093
6.5	0.086
7	0.080
7.5	0.075
8	0.070
8.5	0.062
9	0.055
9.5	0.050
10	0.045



Gambar 6.2 Grafik Respon Spektrum Surabaya.



#### 6.3.3.5 Arah Pembebanan

Beban gempa yang terjadi pada struktur dapat terjadi dari segala arah baik dari arah X ataupun Y. Sehingga dalam permodelan struktur pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap efektif (100%) dan harus dianggap terjadi gempa dengan arah tegak lurus dengan arah utama sebesar 30%.

#### 6.3.3.6 Faktor Reduksi Gempa

Struktur ini direncanakan dengan sistem ganda yaitu sistem rangka pemikul momen khusus dengan dinding geser. Berdasarkan SNI 1726-2012 tabel 9, didapatkan Koefisien modifikasi respon ( $R_d$ ) sebesar 7, Faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ ) sebesar 2.5, dan Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) sebesar 5.5

### 6.4 Kontrol Desain

Setelah melakukan permodelan struktur dan pembebanan pada struktur, struktur harus dikontrol terhadap batasan batasan yang terdapat pada SNI 1726-2012. Hal hal yang harus dikontrol terdiri dari :

- Kontrol Beban manual dengan Program Bantu ( $\pm 5\%$  )
- Kontrol Partisipasi Massa
- Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik ( $\pm 85\%$  )
- Kontrol Periode Waktu getar alami fundamental (T)
- Simpangan antar lantai
- Kontrol *Dual System*

#### 6.4.1 Kontrol Beban secara manual dengan Program bantu

Pembebanan yang di input pada ETABS baik beban mati maupun beban hidup harus mendekati perhitungan manual ( $\pm 5\%$ ), agar permodelan pada ETABS dapat dinyatakan benar.

$$\text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup (manual)} = 15.961.407,9 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup (ETABS)} = 15.438.760,14 \text{ kg}$$

$$Rasio = \left( \frac{15961407.9}{15438760.14} - 1 \right) = 3.27\% < 5\%$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa pembebanan pada ETABS sudah benar.

#### 6.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu getar fundamental adalah waktu yang dibutuhkan oleh struktur untuk mencapai 1 siklus getaran. Penentuan periode didasarkan pada peraturan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2

$$T_a = C_t h n^x$$

Dimana

$h$  : tinggi gedung (m)

Koefisien  $C_t$  dan  $hn^x$  didapatkan dari SNI 1726-2012 tabel 14 dan tabel 15

Tabel 6. 3 Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$X$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan kompen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0.0724	0.8
Rangka beton pemikul momen	0.0466	0.9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0.0731	0.75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0.0731	0.75
Semua sistem struktur lainnya	0.0488	0.75

$$T_a = 0.0466 x (60^{0.9}) = 1.85 \text{ s (batas bawah)}$$

Penentutan terhadap batas atas periode. Penentuan periode atas didasarkan pada dari SNI 1726-2012 table 14

Tabel 6. 4 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang di hitung

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

$C_u = 1.4$  ,  $C_u T_a = 2.59$  s (batas atas)

Dari hasil menggunakan program ETABS, didapatkan periode dan frekuensi struktu yang dapat dilihat pada :

Tabel 6. 5 Periode Fundamental

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	3.153	0.0038	0.0257	0.0038	0.0257
Modal	2	2.513	0.6838	0.0007	0.6876	0.0264
Modal	3	2.343	0.0001	0.6565	0.6879	0.6829
Modal	4	1.136	0.0006	0.0032	0.6883	0.6861
Modal	5	0.713	0.1641	0.0001	0.8406	0.6862
Modal	6	0.61	0.0003	0.1326	0.8406	0.8189
Modal	7	0.582	4.54E-05	0.0417	0.8408	0.8605
Modal	8	0.385	4.45E-05	0.0002	0.8408	0.8608
Modal	9	0.304	0.0675	0.0001	0.9058	0.8608
Modal	10	0.277	3.43E-05	0.0601	0.9059	0.9209
Modal	11	0.27	1.74E-05	0.0001	0.9059	0.921
Modal	12	0.203	4.27E-05	0.0003	0.906	0.9214
Modal	13	0.183	0.0001	0.0259	0.906	0.9472
Modal	14	0.175	0.0348	2.27E-05	0.9398	0.9473
Modal	15	0.159	2.88E-05	0.0002	0.9399	0.9475
Modal	16	0.141	2.11E-06	0.0136	0.9399	0.9611
Modal	17	0.129	1.27E-05	0.0001	0.9399	0.9612
Modal	18	0.12	0.0201	8.52E-07	0.9596	0.9612
Modal	19	0.118	1.01E-06	0.0081	0.9596	0.9693
Modal	20	0.107	9.21E-06	0.0001	0.9596	0.9695

Dan didapatkan Periode untuk arah X sebesar  $T_x = 2.513s$ , dan periode untuk arah Y sebesar  $T_y = 2.343 s$ , Sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Arah X :} \quad & T_a < T_x < C_u T_a \\ & 1.85 < 2.513 < 2.59 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah Y :} \quad & T_a < T_y < C_u T_a \\ & 1.85 < 2.343 < 2.59 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa perioda fundamental dengan bantuan program ETABS dapat dipakai.

#### 6.4.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik (Base Shear)

Koefisien respon seismic  $C_s$ , didasarkan dari SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1.

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Dimana :

$S_{ds}$  : Percepatan spectrum respons desain dalam rentan periode pendek.

$R$  : faktor modifikasi respons

$I_e$  : faktor keutamaan gempa

Nilai  $R$  yang dipakai yaitu nilai yang didapatkan dari sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus dan dinding geser beton bertulang khusus ,  $R = 7$

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.56}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0.8$$

Dan nilai  $C_s$  tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{S_d s}{T \left( \frac{R}{T} \right)}$$

$$\text{Arah X : } C_s = \frac{S_d s}{T_x \left( \frac{R}{T} \right)} = \frac{0.56}{2.513 \times 7} = 0.0318$$

$$\text{Arah Y : } C_s = \frac{S_d s}{T_y \left( \frac{R}{T} \right)} = \frac{0.56}{2.343 \times 7} = 0.0341$$

Dan nilai  $C_s$  tidak kurang dari :

$$C_s = 0.044 SDS I_e > 0.01$$

$$C_s = 0.044 \times 0.56 \times 1 = 0.024 > 0.01$$

Sehingg koefisien respon seismic untuk arah X dan Y adalah :

$$\text{Arah X : } 0.024 < 0.0318 < 0.8 ; C_s = 0.0318$$

$$\text{Arah Y : } 0.024 < 0.0341 < 0.8 ; C_s = 0.0341$$

Untuk mendapatkan berat seismic efektif gedung, beban hidup harud dikali dengan faktor reduksi sebesar 0.5 (SNI 1726-2012) sehingga didapatkan berat efektif struktur

Tabel 6. 6 Berat efektif struktur

Load Case	FZ (KN)
D + 0.5 L	144,175.04

Perhitungan gaya geser yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya didistribusikan secara vertikal ke masing masing lantai sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1

$$V = Cs \times Wt$$

Gaya geser arah X :

$$Vx = Csx \times Wt = 0.0318 \times 144.175,04 = 4,589.73 \text{ KN}$$

Gaya geser arah Y :

$$Vy = Csy \times Wt = 0.03414 \times 144.175,04 = 4,922.75 \text{ KN}$$

Didapatkan hasil gaya geser arah X dan Y dari program bantu ETABS sebesar :

Tabel 6. 7 Gaya Geser akibat Gempa Arah X dan Arah Y

Load Case	FX (kN)	FY (KN)
Gempa X Max	3469.4365	1212.7556
Gempa Y Max	1046.0488	4027.517

Jika kombinasi beban gempa untuk gaya geser dasar ( $V_t$ ) lebih kecil dari 85 persen dari gaya geser dasar yang dihitung ( $V$ ) , maka harus dikalikan dengan  $0.85V/V_t$  yang berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1.

Maka untuk gaya geser arah X :

$$V_{tx} < 0.85 V_x$$

$$3469.43 < 3901.27 \text{ (Not Oke)}$$

Maka untuk gaya geser arah Y :

$$V_{ty} < 0.85 V_y$$

$$4027.517 < 4184.33 \text{ (Not Oke)}$$

Dari hasil perhitungan diatas, hasil analisa struktur masih belum sesuai dengan SNI 1726-2021 pasal 7.9.4.1, maka  $V_{tx}$  dan  $V_{ty}$  harus dikalikan dengan  $0.85 V/V_t$  :

Untuk arah X :

$$\frac{0.85 V_x}{V_{tx}} = \frac{3901.27}{3469.43} = 1.124$$

Untuk arah Y :

$$\frac{0.85 V_y}{V_{ty}} = \frac{4183.33}{4027.517} = 1.0389$$

Setelah  $V_{tx}$  dan  $V_{ty}$  dikalikan dengan  $0.85 V/V_t$  maka didapatkan gaya geser pada Tabel 6. 8

Tabel 6. 8 Gaya Geser akibat Gempa X dan Gempa Y setelah dikali dengan faktor skala

Load Case	FX (KN)	FY (KN)
Gempa X Max	3903.1232	1364.3501
Gempa Y Max	1087.9013	4188.6176

Maka gaya geser untuk arah X :

$$V_{tx} > 0.85 V_x$$

$$3903.12 > 3901.27 \text{ ( Oke)}$$

Maka gaya geser untuk arah Y :

$$V_{ty} > 0.85 V_y$$

$$4188.61 > 4184.3 \text{ (Oke)}$$

Setelah perkalian  $V$  dengan skala  $0.85 V/V_t$  didapatkan bahwa  $V_{tx} > 0.85 V_x$  dan  $V_{ty} > 0.85 V_y$ , sehingga sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1.

#### 6.4.4 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, perhitungan respon dinamik pada struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa untuk menghasilkan harus melebihi dari 90%.

Tabel 6. 9 Partisipasi Massa

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	99.99	95.93
Modal	Acceleration	UY	99.98	96.93
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Dari hasil Tabel 6. 9 dapat dilihat bahwa penjumlahan respon menghasilkan respon total yang melebihi dari 90%, sehingga memenuhi syarat dari SNI 1726-2012 pasal 7.9.1.

#### 6.4.5 Kontrol Drift

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.3, simpangan pada gedung harus memenuhi syarat  $\Delta_i < \Delta_i$  ijin, yang bertujuan untuk menjaga kenyamanan penghuni dan mencegah kerusakan .

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :



$$\Delta i = \frac{Cd \times \delta e i}{Ie}$$

Perhitungan  $\Delta i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta i = \frac{Cd \times (\delta e 2 - \delta e 1)}{Ie}$$

Dimana :

$\delta e 1$  = Simpangan pada lantai 1 akibat beban gempa

$\delta e 2$  = Simpangan pada lantai 2 akibat beban gempa

$Cd$  = Faktor pembesar defleksi

$Ie$  = Faktor keutamaan gempa

Contoh perhitungan  $\Delta i$  pada lantai 1 :

Gempa X :

$$\Delta i = \frac{Cd \times \delta e i}{Ie} = \frac{5.5 \times 1.59}{1} = 8.745 \text{ mm}$$

Contoh perhitungan  $\Delta i$  pada lantai 2 :

Gempa X :

$$\Delta i = \frac{Cd \times (\delta e 2 - \delta e 1)}{Ie} = \frac{5.5 \times (5.379 - 1.59)}{1} = 20.839 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan  $\Delta i$  ijin sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.12 tabel 16.

Tabel 6. 10 Simpangan antar lantai ijin

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0.025h_{sx}^c$	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}^c$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0.010h_{sx}^c$	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0.007h_{sx}^c$	$0.007h_{sx}$	$0.007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0.020h_{sx}^c$	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

Dimana :

$h_x$  = tinggi tingkat dibawah tingkat x.

Contoh perhitungan  $\Delta i$  ijin :

$h_x = 4 \text{ m.}$

$$\Delta i \text{ ijin} = 0.02 h_{sx}^c = 0.02 \times 4000 = 80 \text{ mm}$$

Rekapitulasi defleksi akibat beban gempa arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 6. 11 dan Tabel 6. 12

Tabel 6. 11 Defleksi akibat beban gempa X

Gempa X						
Story	Tinggi	$\delta_{ex}$	$\delta_i$	$\Delta i$	$\Delta i_{jin}$	Kontrol
	mm	mm	mm	mm	mm	
Story15	4000	103.503	569.2665	38.203	80	OK
Story14	4000	96.557	531.0635	40.414	80	OK
Story13	4000	89.209	490.6495	41.7175	80	OK
Story12	4000	81.624	448.932	43.175	80	OK
Story11	4000	73.774	405.757	44.66	80	OK
Story10	4000	65.654	361.097	45.298	80	OK
Story9	4000	57.418	315.799	45.9635	80	OK

Story8	4000	49.061	269.8355	45.947	80	OK
Story7	4000	40.707	223.8885	45.2045	80	OK
Story6	4000	32.488	178.684	43.5545	80	OK
Story5	4000	24.569	135.1295	40.139	80	OK
Story4	4000	17.271	94.9905	35.893	80	OK
Story3	4000	10.745	59.0975	29.513	80	OK
Story2	4000	5.379	29.5845	20.8395	80	OK
Story1	4000	1.59	8.745	8.745	80	OK

Tabel 6. 12 Defleksi akibat beban gempa Y

Gempa Y						
Story	Tinggi	$\delta_{ey}$	$\delta_i$	$\Delta_i$	$\Delta_{ijin}$	Kontrol
	mm	mm	mm	mm	mm	
Story15	4000	89.016	489.588	30.712	80	OK
Story14	4000	83.432	458.876	35.0955	80	OK
Story13	4000	77.051	423.7805	36.6245	80	OK
Story12	4000	70.392	387.156	37.6255	80	OK
Story11	4000	63.551	349.5305	38.764	80	OK
Story10	4000	56.503	310.7665	38.5605	80	OK
Story9	4000	49.492	272.206	38.995	80	OK
Story8	4000	42.402	233.211	38.841	80	OK
Story7	4000	35.34	194.37	38.093	80	OK
Story6	4000	28.414	156.277	36.5475	80	OK
Story5	4000	21.769	119.7295	33.3465	80	OK
Story4	4000	15.706	86.383	30.415	80	OK
Story3	4000	10.176	55.968	26.3065	80	OK
Story2	4000	5.393	29.6615	20.3995	80	OK
Story1	4000	1.684	9.262	9.262	80	OK

Dari hasil perhitungan defleksi akibat beban gempa X dan gempa Y sudah sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.12.

#### 6.4.6 Kontrol Dual System

Pada sistem ganda, sistem rangka pemikul momen khusus mengacu pada SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.1 harus memikul minimum 25 persen dari beban gaya geser dasar yang bekerja pada arah beban gempa X dan Y. Berikut adalah hasil reaksi perletakan struktur rangka pemikul momen khusus dan *shear wall* yang dapat dilihat pada Tabel 6. 13

Tabel 6. 13 Hasil reaksi perletakan

Pemikul Gaya	Arah X	Persentase	Arah Y	Persentase
Shear Wall	2879.83	74%	3193.5327	74.8%
Rangka	1001.7425	26%	1073.4003	25.2%
Total	3881.5725	100%	4266.933	100%

Dari Tabel 6. 13 dapat disimpulkan bahwa sistem ganda sudah memenuhi syarat

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

#### 7.1 Umum

Struktur Primer adalah komponen struktur yang mempengaruhi perilaku dari suatu struktur gedung. Struktur primer berfungsi untuk menahan beban dari kombinasi antara beban gravitasi, beban gempa dan beban hidup. Struktur primer meliputi balok induk, kolom dan *shear wall* (dinding geser). Berikut adalah perhitungan kebutuhan tulangan pada komponen struktur primer.

#### 7.2 Perencanaan Balok Induk

Struktur balok induk dibagi menjadi 6 jenis balok induk yang dengan dimensi sebagai berikut :

- B11 : 40/60 cm (Bentang 6.2 m)
- B12 : 40/60 cm (Bentang 6.5 m)
- B13 : 50/65 cm (Bentang 7.5 m)
- B14 : 40/60 cm (Bentang 6.5 m)
- B15 : 40/60 cm (Bentang 5.5 m)
- B116 : 40/60 cm (Bentang 6.2 m)

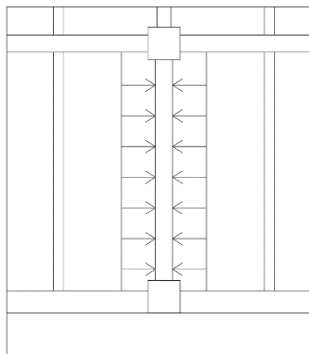
Perencanaan tulangan balok dibagi menjadi 3 kondisi yaitu ketika sebelum komposit, setelah komposit dan saat pengangkatan. Dan akan diambil hasil tulangan yang paling besar ( kritis) yang akan digunakan untuk penulangan balok induk.

### 7.2.1 Data Perencanaan

- Kode balok induk = B13
- Dimensi Sebelum komposit = 50 cm x 49 cm
- Dimensi setelah komposit = 50 cm x 65 cm
- Bentang = 750 cm
- Tebal *overtopping* = 16 cm
- $f_c$  (7 hari) = 26 Mpa
- $f_y$  = 420 Mpa
- Tulangan longitudinal = 25 mm
- Tulangan transversal = 13 mm
- Tulangan torsi = 25 mm
- Decking = 5 cm

### 7.2.3 Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok induk adalah berat balok induk sendiri dan berat plat yang menumpu pada balok induk. Pembebanan pada balok induk dapat dilihat pada Gambar 7. 1



Gambar 7. 1 Beban pada balok induk

- Sebelum Komposit

Beban Mati

- Berat balok induk :  $0.5 \times 0.65 \times 2400$  : 780 kg/m
- Berat Overtopping :  $384 \times 2.25 \times 2$  : 1728 kg/m
- Qdl ( $1.4 (780 + 1728)$ ) : 3511.2 kg/m
- Setelah Komposit
  - Mu tumpuan - : -302.93 KNm
  - Mu tumpuan + : 151.465 KNm
  - Mu lapangan - : 75.73 KNm
  - Mu lapangan + : 108.857 KNm
  - Vu : 169.2 KN
  - Tu : 5 KNm
- Pengangkatan
  - Berat balok induk :  $b \times h$  (sebelum komposit)  $\times \gamma$  beton : 588 kg/m

#### 7.2.4 Penulangan Lentur Balok Induk

- Perhitungan momen yang terjadi
  - Sebelum Komposit
    - Mu lapangan :  $1/8 Q L^2$   
:  $1/8 \cdot 3511.2 \cdot 7.5^2 = 24688.125 \text{ kg.m}$
    - Mu tumpuan : 0
- Kondisi sebelum komposit
  - $dx = \text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{tranversal} - 0.5 \text{ longitudinal}$
  - $dx = 490 - 50 - 13 - 0.5 \times 25 = 414.5 \text{ mm}$
- Kondisi setelah komposit
  - $dx = \text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{tranversal} - 0.5 \text{ longitudinal}$
  - $dx = 650 - 50 - 13 - 0.5 \times 25 = 574.5 \text{ mm}$
- Untuk mutu beton  $f_c$  26 Mpa , berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3 maka nilai  $\beta$  sebesar 0.85

- Maka didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times \beta \times f_c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \times 0.85 \times 26}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.0197$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} = 0.00304$$

$$\rho_{min} = 0.0033$$

- Penulangan Sebelum Komposit
  - Penulangan Negatif Tumpuan

$$d_x : 414.5 \text{ mm}$$

$$M_u : 0 \text{ kg.m}$$

$$\rho_{perlu} = \rho_{min}$$

$$\rho_{perlu} = 0.0033$$

$$\text{As perlu} : \rho_{perlu} \times b \times d_x$$

$$: 0.0033 \times 500 \times 414.5 = 683.92 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{683.92}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 S \text{ tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 324 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25.**

- Penulangan Positif Tumpuan

dx : 414.5 cm

Mu : 0 kg.m

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

$\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$

As perlu :  $\rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$

$$: 0.0033 \times 500 \times 414.5 = 683.92 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n) :  $\frac{As_{\text{perlu}}}{As(25)} = \frac{683.92}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$

As pakai :  $2 \times As(25) = 981.25 \text{ mm}^2$

S min : D = 25 mm

$$\begin{aligned}
 S \text{ tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 326 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25.**

- Penulangan Positif Lapangan

$$dx : 414.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 24688.125 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{24688.125 \times 10000}{0.9 \times 500 \times 414.5^2} = 3.193 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &: \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right) \\ &: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.193}{0.85 \times 26}} \right) = 0.0082 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0082$

$$As \text{ perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0082 \times 500 \times 415.5 = 1709.84 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{1704.84}{490.87} \approx 4 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} : 4 \times As (25) = 1962.5 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\ &= \frac{500 - 4 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{4 - 1} = 92 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S \text{ tulangan} > S \text{ min (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan positif lapangan 4D25.**

- Penulangan Negatif lapangan

$$dx : 414.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 0.5 \times M \text{ lapangan} : 12344.0625 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{Mu}{0.9 x b x dx^2} = \frac{12344.0625 x 10000}{0.9 x 500 x 414.5^2} = 1.588 Mpa$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 fc}{fy} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 fc}} \right)$$

$$: \frac{0.85 x 26}{420} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1.588}{0.85 x 26}} \right) = 0.00392$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0039$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} x b x dx$$

$$: 0.0039 x 500 x 414.5 = 818.438 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{818.438}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 x As (25) = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$S_{\min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$= \frac{500 - 2 x 25 - 2 x 50 - 2 x 13}{2 - 1} = 326 \text{ mm}$$

$S_{\text{tulangan}} > S_{\min}$  (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25.**

- o Penulangan Setelah Komposit
  - Penulangan Negatif Tumpuan

$$dx : 574.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 30293.18 \text{ kg.m}$$

$$R_n : \frac{Mu}{0.9 x b x dx^2} = \frac{30293.18 x 10000}{0.9 x 500 x 574.5^2} = 2.03 Mpa$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ perlu} &: \frac{0.85 f_c}{f_y} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) \\ &: \frac{0.85 x 26}{420} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 2.03}{0.85 x 26}} \right) = 0.00508 \\ &\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.00508$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &: \rho \text{ perlu} x b x dx \\ &: 0.00508 x 500 x 574.5 = 1466.24 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{1466.24}{490.87} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 4 x As (25) = 1962.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{S tulangan} &= \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1} \\ &= \frac{500 - 4 x 25 - 2 x 50 - 2 x 13}{4 - 1} = 92 \text{ mm}\end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 4D25.**

Kontrol Regangan Batas

$$a = \frac{As x f_y'}{0.85 x f_c x b} = \frac{1962.5 x 420}{0.85 x 26 x 500} = 74.59$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{74.59}{0.85} = 87.75$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d_t - c}{c} \right) = 0.003 \left( \frac{574.5 - 87.75}{87.75} \right) = 0.0166$$

$\epsilon t > 0.005$  (OKE)

- Penulangan Positif Tumpuan

$dx$  : 574.5 cm

$Mu$  : 0.5 x  $Mu$  tumpuan : 15146.59 kg.m

$Rn$  :  $\frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{15146.59 \times 10000}{0.9 \times 500 \times 574.5^2} = 1.016 \text{ Mpa}$

$\rho$  perlu :  $\frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}}\right)$   
 :  $\frac{0.85 \times 26}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.01}{0.85 \times 26}}\right) = 0.00204$

$\rho_{min} > \rho_{perlu}$

Sehingga digunakan  $\rho_{perlu} = 0.0033$

As perlu :  $\rho_{perlu} \times b \times dx$

:  $0.0033 \times 500 \times 574.5 = 947.76 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :  $\frac{As_{perlu}}{As(25)} = \frac{947.76}{490.87} \approx 3 \text{ buah}$

As pakai : 3 x As (25) = 1471.875  $\text{mm}^2$

S min : D = 25 mm

S tulangan =  $\frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$

=  $\frac{500 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3 - 1} = 150.5 \text{ mm}$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan positif tumpuan 3D25.**

## Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{A_s}{b w \times d \text{ actual}} = \frac{1962.5}{500 \times 574.5} = 0.00682$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b w \times d \text{ actual}} = \frac{1471.875}{500 \times 574.5} = 0.005115$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 f_c d'}{d \text{ actual } f_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 26 \times 50}{574.5 \times 420} \times 0.85 \times \left( \frac{600}{600 - 420} \right) = 0.01295$$

$\rho - \rho' < \rho_{cy}$  ( tulangan tekan belum meleleh)

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta \times f_c}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| < f_y$$

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.85 \times 26}{(0.0068 - 0.005115) \times 420} \times \frac{50}{574.5} \right| < 420$$

$$f'_s = 359.47 < f_y(420)$$

$$f_s = 359.47 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s}{0.85 \times b w \times f'_c}$$

$$a = \frac{1962.5 \times 420 - 1471.87 \times 359.47}{0.85 \times 500 \times 26} = 26.71 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 \times f_c \times a \times b w \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times (f_s - 0.85 f_c) \times (d - d')$$

$$Mn = 0.85 \times 26 \times 18.6 \times 350 \times \left( 574.5 - \frac{26.7}{2} \right) \\ + 1471.87 \times (359.47 - 0.85 \times 26) \times (575.4 - 50)$$

$$\emptyset Mn = 0.9 \times 42272.22 = 38045 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset Mn = 38045 \text{ kg.m} > Mu = 30293.18 \text{ kg.m}$$

- Penulangan Positif Lapangan

$$dx : 575.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 10885.7 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{10885.7 \times 10000}{0.9 \times 500 \times 574.5^2} = 0.73 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f_c}} \right) \\ : \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.73}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00178$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.00304$

$$As \text{ perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 500 \times 574.5 = 947.925 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{947.925}{490.87} \approx 3 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} : 3 \times As (25) = 1471.875 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{500 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 12}{3 - 1} = 150.5 \text{ mm}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan positif lapangan 3D25.**

Kontrol Regangan Batas

$$a = \frac{As \times fy'}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1471.875 \times 420}{0.85 \times 26 \times 500} = 55.94$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{55.94}{0.85} = 65.817$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d_t - c}{c} \right) = 0.003 \left( \frac{575.5 - 65.817}{65.817} \right) = 0.0232$$

$\epsilon_t > 0.005$  (OKE)

- Penulangan Negatif Lapangan

$$dx : 575.5 \text{ cm}$$

$$Mu : 0.25 \times Mu \text{ tumpuan} : 7573.295 \text{ kg.m}$$

$$Rn : \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{7573.295 \times 10000}{0.9 \times 500 \times 575.5^2} = 0.508 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} : \frac{0.85 fc}{fy} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 fc}} \right)$$

$$: \frac{0.85 \times 26}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.73}{0.85 \times 26}} \right) = 0.00128$$

$$\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.00304$

$$As \text{ perlu} : \rho \text{ perlu} \times b \times dx$$



$$: 0.00304 \times 500 \times 574.5 = 873.35 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{As \text{ perlu}}{As (25)} = \frac{873.35}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times As (25) = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{S tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\ &= \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 326 \text{ mm} \end{aligned}$$

S tulangan > S min (OK)

**Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25.**

Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{As}{bw \times d \text{ actual}} = \frac{1471.875}{500 \times 574.5} = 0.00511$$

$$\rho' = \frac{As'}{bw \times d \text{ actual}} = \frac{981.25}{500 \times 574.5} = 0.00341$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 f_c d'}{d \text{ actual } f_y} \times \beta \times \left( \frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 26 \times 50}{575.5 \times 420} \times 0.85 \times \left( \frac{600}{600 - 420} \right) = 0.01295$$

$\rho - \rho' < \rho_{cy}$  ( tulangan tekan belum meleleh)

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta \times f_c}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| < f_y$$

$$f'_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.85 \times 26}{(0.00511 - 0.00341) \times 420} \times \frac{50}{574.5} \right| < 420$$

$$f'_s = 359.47 < f_y (420)$$

$$f'_s = 359.47 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s}{0.85 \times b_w \times f'_c}$$

$$a = \frac{1471.87 \times 420 - 981.25 \times 359.47}{0.85 \times 500 \times 26} = 24.02 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 \times f_c \times a \times b_w \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times (f_s - 0.85 f_c) \times (d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 26 \times 18.6 \times 350 \times \left( 574.5 - \frac{24.02}{2} \right) + 981.25 \times (359.47 - 0.85 \times 26) \times (574.5 - 50)$$

$$\emptyset M_n = 0.9 \times 32029.19 = 28826.27 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset M_n = 28826.27 \text{ kg.m} > M_u = 10885.7 \text{ kg.m}$$

Kontrol Balok T

$$be < \frac{L}{4} = \frac{7.5}{4} = 1.875 \text{ m}$$

$$be < bw + 0.5 S_n = 1.625 \text{ m}$$

$$be < bw + 8 hf = 1.78 \text{ m}$$

$$be \text{ pakai} = 1.625 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{As f_y}{0.85 f_c b w} \\ &= \frac{1471.87 \times 420}{0.85 \times 26 \times 1625} \\ &= 17.213 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Mn = As \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 1471.87 \times 420 \times \left( 575.5 - \frac{17.213}{2} \right)$$

$$Mn = 34636.19 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset Mn = 0.9 \times 34636.19 = 31172.57 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset Mn = 31172.57 \text{ kg.m} > Mu = 10885.7 \text{ kg.m}$$

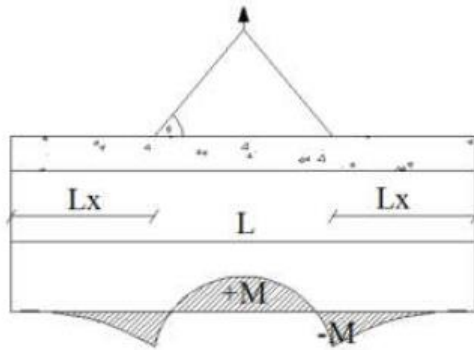
- Penulangan akibat pengangkatan

dx = tinggi balok – decking – transversal – 0.5 longitudinal

$$dx = 490 - 50 - 13 - 0.5 \times 25 = 414.5 \text{ cm}$$

$$y_t = y_b = h/2 = 24.5 \text{ cm}$$

$$y_c = y_t + 5 = 29.5 \text{ cm}$$



Gambar 7. 2 Ilustrasi pengangkatan balok anak

$$+M = \frac{WL^2}{8} x \left( 1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$\text{Berat balok} = b \times h \times \gamma \text{ beton} = 588 \text{ kg.m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = \frac{1.15}{4.8} = 0.24 \approx 0.25$$

$$lx = 750 \times 0.25 = 188 \text{ cm}$$

$$L - 2Lx = 750 - 2 \times 188 = 374 \text{ cm}$$

$$+M = \frac{WL^2}{8} x \left( 1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 798.17 \text{ kg.m} \\
 -M &= \frac{WX^2L^2}{2} \\
 &= 961.064 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Karena momen yang dihasilkan sangat kecil maka  $\rho$  tulangan untuk tumpuan dan lapangan dipakai  $\rho$  min

$$dx : 414.5 \text{ cm}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0033$$

$$\text{As perlu} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$$

$$: 0.0033 \times 350 \times 414.5 = 248.92 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As (25)}} = \frac{248.92}{490.87} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 2 \times \text{As (25)} = 981.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{S min} : D = 25 \text{ mm}$$

$$\text{S tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 176 \text{ mm}$$

$$\text{S tulangan} > \text{S min (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan lapangan dan tumpuan sejumlah 2D25.**

### 7.2.5 Penulangan Geser pada Balok Induk

Perencanaan penulangan geser pada balok induk mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.1.

$$\phi V_n > V_u$$

Perencanaan tulangan geser pada balok dibagi menjadi 2 yaitu : sebelum komposit dan setelah komposit.

- o Sebelum Komposit
  - Daerah tumpuan

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l^2 = 124.647 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \sqrt{f_c} b d \\ &= 0.17 \sqrt{26} \times 500 \times 415.5 = 180.084 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$0.5\phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times V_c = 45.02 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times V_c = 135.06 \text{ KN}$$

$$V_{s \text{ min}} = 0.062 \sqrt{f_c} b \times d = 353.107 \text{ KN}$$

Syarat

Kondisi 1

$$V_u > 0.5 \phi V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 21.5.3.2 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S :  $dx / 4$  = 103.875 mm
- S : 6 d longitudinal = 150 mm
- S : 150 mm
- S pakai : 100 mm

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$A_v = n \frac{1}{4} \pi d(13)^2$$

$$= 265.464 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$= \frac{265.464 \times 420 \times 414.5}{100}$$

$$= \frac{265.464 \times 420 \times 415.5}{100}$$

$$= 475.01 \text{ KN}$$

$$V_s > V_u \text{ (OK)}$$

**Maka tulangan geser dibagian tumpuan adalah 2D13–100mm**

- Daerah lapangan

$$V_u = 0 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f_c} b d \\
 &= 0.17 \sqrt{26} \times 500 \times 415.5 = 180.084 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 0.5 \times 0.75 \times V_c = 45.02 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c = 135.06 \text{ KN}$$

$$V_s \text{ min} = 0.062 \sqrt{f_c} b x d = 353.107 \text{ KN}$$

Syarat

Kondisi 1

$$V_u > 0.5 \emptyset V_c \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 21.5.3.2 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S : dx / 2 = 207.75mm
- S pakai : 200 mm

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$A_v = n \frac{1}{4} \pi d(13)^2$$

$$= 265.46 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$= \frac{265.46 \times 420 \times 414.5}{200}$$



$$= \frac{265.46 \times 420 \times 414.5}{200}$$

$$= 237.5 \text{ KN}$$

$V_s > V_u$  (OK)

**Maka tulangan geser dibagian lapangan adalah 2D13 – 200mm**

- Setelah Komposit

Perhitungan tulangan geser pada kondisi komposit mengacu pada SNI 2947-2013 pasal 21.6.5.1. Dengan momen nominal maksimum yang didapatkan dari tulangan pada tumpuan yang terpasang. Persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut

$$M_{pr} = (A_s \times 1.25 f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1.25 f_y}{0.85 f_c b w}$$

Untuk tumpuan dengan tulangan atas sejumlah 4D25

$$a = \frac{A_s \times 1.25 f_y}{0.85 f_c b w}$$

$$= \frac{1962.5 \times 1.25 \times 420}{0.85 \times 26 \times 500}$$

$$= 93.24 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \left(1962.5 \times 1.25 (420)\right) \times \left(575.5 - \frac{93.24}{2}\right)$$

$$= 3544.91 \text{ KNm}$$

Tabel 7. 1 Perhitungan Mpr balok induk

Lokasi		As (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	Mpr (kNm)	
Tumpuan	Kiri	atas	1962.5	93.241	544.911
		bawah	1471.875	69.931	417.690
	Kanan	atas	1962.5	93.241	544.911
		bawah	1471.875	69.931	417.690

$$M_{pr1} = 5441.91 \text{ KNm}$$

$$M_{pr2} = 417.690 \text{ KNm}$$

$$L = 7.5 \text{ m}$$

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} \pm V_u \text{ reaksi}$$

$$V_{u1} = \frac{544.91 + 417.69}{7.5} + 169.2$$

$$= 298.54 \text{ KN}$$

$$V_{u2} = \frac{544.91 + 417.69}{7.5} - 169.2$$

$$= 40.8 \text{ KN}$$

$$V_{u \text{ pakai}} = 298.54 \text{ KN}$$

- Daerah sendi plastis ( tumpuan)  
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1 daerah sendi plastis memiliki jarak sebesar :

$$2h = 2 \times 65 = 130 \text{ cm dari tepi balok}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2 kekuatan geser akibat beton ( $V_c$ ) tidak perlu diperhitungkan jika

$$- \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} > 0.5 V_u$$

$$\frac{544.911 + 417.69}{7.5} > 0.5 \times 297.54$$

$$128.34 > 148.77 \text{ (Not oke)}$$

$$- Pu \leq 0.2 fc Ag$$

$$65 \text{ KN} \leq 1690 \text{ KN (OK)}$$

Sehingga geser beton harus diperhitungkan

$$V_c = 0.17 \sqrt{f_c} b d$$

$$= 0.17 \sqrt{26} \times 500 \times 415.5 = 180.084 \text{ KN}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 0.5 \times 0.75 \times V_c = 45.02 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c = 135.06 \text{ KN}$$

$$V_s \text{ min} = 0.062 \sqrt{f_c} x b x d = 353.107 \text{ KN}$$

Syarat

Kondisi 1

$$V_u > 0.5 \phi V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 3

$$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 21.5.3.2 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S :  $dx / 4 = 143.875 \text{ mm}$
- S :  $6 d \text{ longitudinal} = 150 \text{ mm}$
- S :  $150 \text{ mm}$
- S pakai :  $120 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$A_v = n \frac{1}{4} \pi d(13)^2$$

$$= 265.46 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$= \frac{265.46 \times 420 \times 574.5}{120}$$

$$= 455.6 \text{ KN}$$

$$V_s > V_u \text{ (OK)}$$

**Maka tulangan geser dibagian tumpuan adalah 2D13  
– 120mm**

- Daerah diluar sendi plastis (lapangan)

$$V_u \text{ (lapangan)} = 35 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \sqrt{f_c} b d \\ &= 0.17 \sqrt{26} \times 500 \times 415.5 = 180.084 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 0.5 \times 0.75 \times V_c = 45.02 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c = 135.06 \text{ KN}$$

$$V_s \text{ min} = 0.062 \sqrt{f_c} b d = 353.107 \text{ KN}$$

Syarat

Kondisi 1

$$V_u > 0.5 \emptyset V_c \quad (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 21.5.3.2 maka jarak tulangan sengkang adalah :

- S :  $dx / 2 = 287.75 \text{ mm}$
- S pakai : 250 mm

Berdasarkan SNI 2847-2012 pasal 11.4.7, kekuatan tulangan geser adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= n \frac{1}{4} \pi d(13)^2 \\
 &= 265.46 \text{ mm}^2 \\
 V_s &= \frac{A_v f_y d}{S} \\
 &= \frac{265.46 \times 420 \times 574.5}{250} \\
 &= 190.5 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_s > V_u \text{ (OK)}$$

**Maka tulangan geser dibagian lapangan adalah 2D13 – 250mm**

#### 7.2.6 Penulangan Torsi pada Balok Induk

Perencanaan tulangan torsi mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.2. Perencanaan tulangan porsir dilakukan pada balok sudah komposit

$$T_{cr} = \phi 0.0833 \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\
 &= 500 \times 650 = 325000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\
 &= 2 \times (500 + 650) = 2300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi T_{cr} = \phi 0.0833 \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0.75 \times 0.0.833 \times \sqrt{26} \left( \frac{325000^2}{2300} \right)$$

$$= 14.62 \text{ KN}$$

$$T_u < \phi T_{cr}$$

$$5 < 14.62 \text{ KN}$$

Sehingga dipasang tulangan torsi praktis sebanyak 2D25 pada sisi kanan dan kiri balok.

### 7.2.7 Pengangkatan Balok Induk

Perencanaan pengangkatan balok induk dilakukan untuk menghindari kerusakan yang mungkin akan terjadi pada balok anak. Pengangkatan balok anak diangkat dengan 2 titik angkat.

- Tulangan angkat balok anak

$$\text{Berat balok} = b \times h \times l \times \gamma_{\text{beton}} = 4410 \text{ kg}$$

$$\text{Faktor kejut (k)} = 1.2$$

$$\begin{aligned} \text{Qult} &= 1.4 \times k \times \text{berat beton} \\ &= 7408.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{q}{2 \times \sin 45} \\ &= 5238.81 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tegangan ijin

Sesuai dengan PBBBI pasal 2.2.2, tegangan Tarik ijin baja adalah :

$$\sigma \text{ ijin baja} = \frac{f_y}{1.5} = \frac{250}{1.5} = 1698.94 \text{ kg/cm}^2$$

- Diameter tulangan angkat

$$\text{Diameter} = \sqrt{\frac{T_u}{\pi \times \sigma \text{ ijin}}} = 0.99 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$$

- Tegangan retak (fr)

$$f_r = \frac{0.7 \sqrt{f_c}}{1.5}$$

$$f_r = \frac{0.7 \sqrt{26}}{1.5} \\ = 2.37 \text{ MPa}$$

- Tegangan akibat +Mu dan -Mu

$$+Mu = 798.172 \text{ kg.m}$$

$$Z = \frac{1}{6} b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 50 \times 49^2 = 20008.33 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{M_{ux}}{Z} = \frac{798.172}{20008.33} = 0.398 \text{ MPa}$$

$$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ terjadi (OKE)}$$

$$-Mu = 961.064 \text{ kg.m}$$

$$Z = \frac{1}{6} b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 50 \times 49^2 = 20008.33 \text{ cm}^3$$

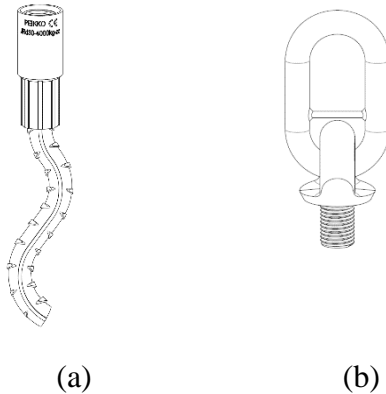
$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{M_{ux}}{Z} = \frac{961.064}{20008.33} = 0.98 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{ijin} > \sigma_{terjadi} \text{ (OKE)}$$

### 7.2.8 Pemilihan Profil Pengangkatan

Tulangan angkat untuk balok induk menggunakan *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan WAS Short Insert (JRd36) dengan pengkait JL. Pada setiap titik angkat, profil ini mampu mengangkat beban dengan berat maksimal 63 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 7. 3 (a) Profil WAS dan (b) profil kait JL



## Gambar 7. 4 JENKA lifter

Tabel 7. 2 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

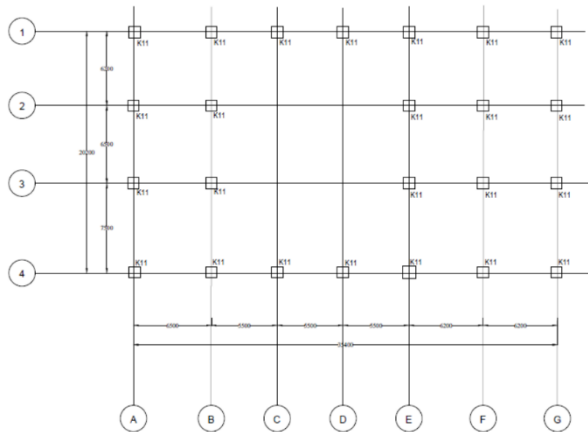
Kode Balok Induk	B	H	Tulangan Lapangan			Tulangan Tumpuan			Sengkang		Tulangan Angkat (mm)
	(mm)	(mm)	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Lapangan	Tumpuan	
B11	400	600	2 D25	2 D25	3 D25	4 D25	2 D25	3 D25	2 D13-150	2 D13-75	D12
B12	400	600	2 D25	2 D25	3 D25	4 D25	2 D25	3 D25	2 D13-150	2 D13-75	D12
B13	500	650	2 D25	2 D25	3 D25	4 D25	2 D25	3 D25	2 D13-200	2 D13-100	D12
B14	400	600	2 D25	2 D25	6 D25	4 D25	2 D25	3 D25	2 D13-150	2 D13-75	D12
B15	400	600	2 D25	2 D25	6 D25	4 D25	2 D25	3 D25	2 D13-150	2 D13-75	D12
B16	400	600	2 D25	2 D25	6 D25	4 D25	2 D25	3 D25	2 D13-150	2 D13-75	D12

## 7.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan salah satu komponen struktur primer yang berfungsi untuk menerima seluruh beban yang diterima struktur dan kemudian akan diteruskan ke pondasi.

Kolom yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kolom pracetak yang dibagi menjadi 3 tipe kolom, yaitu :

- Kolom lantai 1-5 (K11) : 95 x 95 cm
- Kolom lantai 6-10 (K12) : 80 x 80 cm
- Kolom lantai 11- atap (K13) : 70 x 70 cm



Gambar 7. 5 Denah Perencanaan Kolom Pracetak

### 7.3.1 Data Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan kolom pracetak lantai 1-5 (K11) :

- Dimensi Kolom : 95 x 95 cm
- $f'_c$  (7 hari) : 26 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- Tinggi kolom : 4 m
- D longitudinal : 25 mm
- D transversal : 13 mm
- Cover : 50 mm

### 7.3.2 Beban pada Kolom

Berdasarkan hasil perhitungan dari program bantu ETABS didapatkan beban aksial dan momen yang bekerja pada kolom tipe K11 sebagai berikut :

- $P_{u_{max}}$  : 9260 KN
- $T_u$  : 15.09 KNm

- $Mu_x$  : 331.34 KNm
- $Mu_y$  : 212.54 KNm

### 7.3.3 Kontrol Dimensi Kolom

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.1, komponen struktur SRPMK yang menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat berbagai kombinasi harus  $\geq Ag \times \frac{f'_c}{10}$ , maka struktur rangka harus memenuhi beberapa kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm  
 $950 > 300 \text{ mm (OK)}$
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4

$$\frac{b}{h} \geq 0.4$$

$$1 \geq 0.4 \text{ (OK)}$$

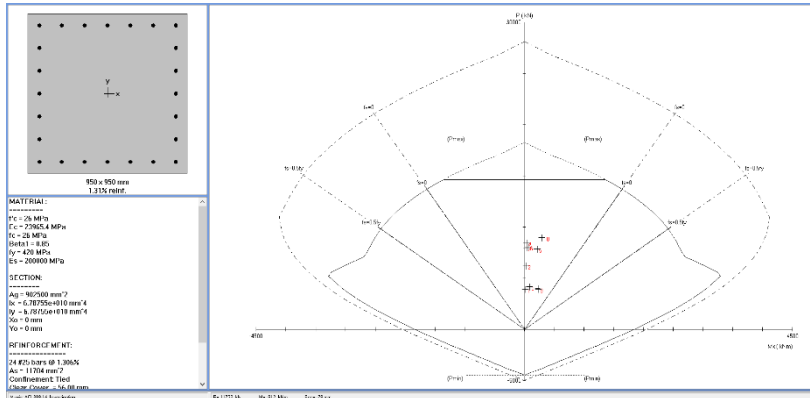
- $Pu \geq Ag \frac{fc}{10}$

$$9260 \text{ KN} \geq 900 \times 900 \frac{26}{10}$$

$$9260 \text{ KN} \geq 1274 \text{ KN}$$

### 7.3.4 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari hasil ETABS didapatkan beban aksial dan momen, kemudian dilakukan perhitungan tulangan longitudinal pada kolom dengan program bantu Sp Column, dan didapatkan hasil diagram interaksi yang dapat dilihat pada Gambar 7. 6



Gambar 7. 6 Diagram interaksi Kolom K11

Dari hasil perhitungan tulangan longitudinal kolom dengan program bantu Sp Column didapatkan tulangan longitudinal sebanyak 24 D25. Dan juga didapatkan momen kolom :

$$\begin{aligned}
 Mu &\geq \emptyset Mnx \\
 331.34 \text{ KNm} &\geq 2507.82 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

### 7.3.5 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.1. Rasio tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari  $0.01 A_g$  dan tidak boleh lebih dari  $0.06 A_g$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= 24 \times D25 \\
 &= 24 \times 0.25 \times \pi \times 25 \times 25 \\
 &= 11780.97 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 950 \times 950 \\
 &= 902500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio tulangan} = A_{st} = 0.0131 A_g$$

$$0.01A_g \leq A_{st} \leq 0.06 A_g \text{ (OK)}$$

### 7.3.6 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 10.3.6, kapasitas dari aksial pada beton tidak boleh kurang dari gaya aksial yang dihasilkan dari analisa struktur

$$\phi P_n = 0.8 \times \phi \times ((0.85 f_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}))$$

$$\phi P_n = 0.8 \times 0.65 \times ((0.85 \times 26 (902500 - 11780.97) + 420 \times 11780.97))$$

$$\phi P_n = 12809.107 \text{ KN}$$

$$\phi P_n = 12809.107 \text{ KN} > P_u = 9260 \text{ KN}$$

### 7.3.7 Kontrol Gaya Geser Kolom

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.1, gaya geser desain ( $V_e$ ) tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang didapatkan dari hasil perhitungan analisa struktur. Momen maksimum yang terjadi pada kolom didapatkan dari hasil analisa Sp Column dengan nilai  $f_s = 1.25 f_y$ . Sehingga perhitungan gaya geser sebagai berikut :

$$f_s = 1.25 \times f_y = 525 \text{ Mpa}$$

$$L_u = 3.45 \text{ m}$$

$$M_{pr} = 3610.42 \text{ KNm}$$

$$V_e = \frac{2 \times 3610.42}{3.45} = 2092.99 \text{ KN}$$

$$V_e = 2092.99 \text{ KN} > V_u = 50.8 \text{ KN}$$

### 7.3.8 Perencanaan Tulangan Geser

- Daerah Plastis

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.1, tulangan transversal harus dipasang sepanjang panjang  $l_o$ . Dan panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari :

$$- l_o = h \text{ kolom} = 950 \text{ mm}$$

$$- l_o = \frac{1}{6} l_u = 575 \text{ mm}$$

$$- l_o = 450 \text{ mm}$$

Sehingga  $l_o$  pakai = 1000 mm

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3 jarak tulangan transversal sepanjang  $l_o$  tidak boleh melebihi dari :

- Seperempat dari dimensi struktur

$$S = \frac{1}{4} \times 950 = 237.5 \text{ mm}$$

- Enak kali diameter tulangan longitudinal

$$S = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

S pakai = 100 mm

Luasan tulangan minimum sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4:

$$b_c = 950 - 50 - 2 \times 13 = 874$$

$$A_{ch} = b_c \times b_c = 760384 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh1} &= 0.3 \frac{sbcfc}{fyt} \times \left[ \left( \frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right] \\
 &= 0.3 \frac{100 \times 874 \times 26}{420} \times \left[ \left( \frac{902500}{760384} \right) - 1 \right] \\
 &= 302.6717 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh2} &= 0.09 \frac{sbcfc}{fyt} \\
 &= 0.09 \times \frac{100 \times 874 \times 26}{420} \\
 &= 485.382 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s(D13) &= 0.25 \times \pi \times d^2 \\
 &= 132.73 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s(D13) \times 4 \text{ kaki} &= 4 \times 132.73 \\
 &= 530.92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$4 A_s(D13) > A_{sh} \quad (OK)$$

### **Sehingga dipasang 4D13-100 mm pada daerah plastis**

- Daerah diluar sendi plastis

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5, jarak tulangan transversal diluar daerah plastis tidak boleh melebihi :

- Enak kali diameter tulangan longitudinal

$$S = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$



**Sehingga dipasang 4D13-150 mm pada daerah diluar sendi plastis**

7.3.9 Penulangan Torsi pada Kolom

Percanaan tulangan torsi mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, pengaruh puntir pada kolom untuk struktur kolom dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$T_u = 15.09 \text{ KNm}$$

$$N_u = 9260 \text{ KN}$$

$$A_{cp} = 950 \times 950 \\ = 902500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (950 + 950) \\ = 3800 \text{ mm}$$

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f'_c}}} \\ = 0.65 \times 0.33 \sqrt{26} \left( \frac{902500^2}{3800} \right) \sqrt{1 + \frac{9260}{0.33 \times 902500 \times \sqrt{26}}} \\ = 624.57 \text{ KN}$$

$$T_n > T_u$$

$$624.57 \text{ KNm} > 15.09 \text{ KNm}$$

Karena  $T_n > T_u$  tidak dibutuhkan tulangan torsi

7.3.10 Kontrol Strong Column Weak

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.1 , Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus harus memiliki momen kapasitas kolom yang lebih besar 1.2 kali momen kapasitas balok yang sesuai

dengan arah gempa. Perhitungan *strong column weak beam* sebagai berikut :

$$\Sigma M_{nc} > 1.2 \Sigma M_{nb}$$

$$M_{nc} : 3264.07 \text{KNm (hasil ETABS)}$$

$$\Sigma M_{nc} : 2 \times 3264.07 = 6528.14 \text{KNm}$$

$$M_{nb1} : 422.92 \text{KNm}$$

$$M_{nb2} : 422.92 \text{KNm}$$

$$\Sigma M_{nc} : 422.92 + 422.92 = 845.84 \text{KNm}$$

$$\Sigma M_{nc} > 1.2 \Sigma M_{nb}$$

$$6528.14 > 1.2 \times 845.84$$

$$6528.14 \text{KNm} > 1015.01 \text{KNm (OK)}$$

### 7.3.11 Pengangkatan Kolom Pracetak

Perencanaan pengangkatan kolom pracetak dilakukan untuk menghindari kegagalan pada saat pengangkatan kolom. Momen pengangkatan kolom didapatkan dari program bantu SAP 2000 dengan cara mencari momen yang paling kecil.

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

$$M_1 = -2205 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 1864 \text{ kg.m}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times l^2$$

$$= \frac{1}{6} \times 950 \times 950^2$$

$$= 142895833.33 \text{ mm}^3$$

### Kontrol tegangan

- Tegangan retak ( $f_r$ )

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \frac{0.7 \sqrt{f_c}}{1.5} \\ &= \frac{0.7 \sqrt{26}}{1.5} \\ &= 2.37 \text{ MPa}\end{aligned}$$

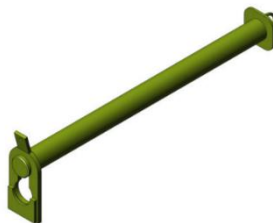
- Tegangan terjadi ( $\sigma$  terjadi )

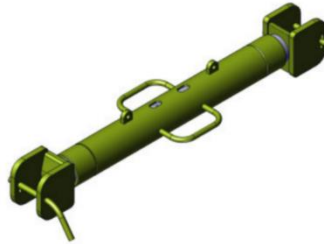
$$\begin{aligned}\sigma_{terjadi} &= \frac{M_u}{Z} \\ &= \frac{2205 \times 10 \times 1000}{142895833.33} \\ &= 0.154 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{terjadi} < \sigma_{ijin} \text{ (OK)}$$

#### 7.3.12 Pemilihan Profil Pengangkatan.

Alat pengangkatan untuk kolom menggunakan *COLIFT Mounting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan untuk *Mounting shaft* adalah *MWd115* dengan kapasitas maksimal 26.5 KN dan *rope strut* dengan tipe *PS01*.



Gambar 7. 7 *Mounting Shaft*Gambar 7. 8 *Rope Strut*

Tabel 7. 3 Rekapitulasi Tulangan Kolom

Kode Kolom	K11		K12		K13	
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	95 x 95 cm		80 x 80 cm		70 x 70 cm	
Tulangan	24 D25		16 D25		12 D25	
Senggang	4 D13-100	4 D13-150	4 D13-100	4 D13-150	4 D13-100	4 D13-150

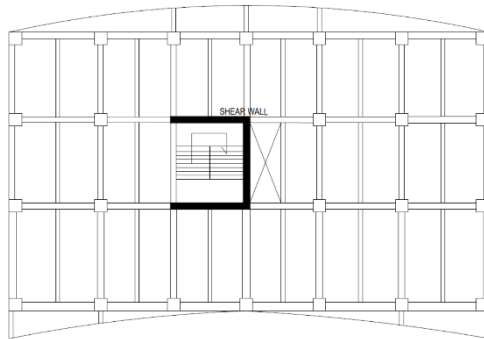
#### 7.4 Perencanaan *Shear Wall*

Dinding geser pada struktur harus dapat menahan maksimal 75% dari beban lateral yang diterima struktur. Perencanaan *shear wall* dapat dibedakan menjadi 2 , arah X dan arah Y. Berikut adalah perhitungan shear wall :

##### 7.4.1 Data Perencanaan

- Tebal Dinding = 27 cm
- Tebal Decking = 5 cm

- Tinggi = 400 cm
- $f'_c$  = 26 Mpa
- $f_y$  = 420 Mpa
- D longitudinal = 25 mm
- D transversal = 13 mm
- dx = tebal – d' – D(13) – 0.5 D(25)  
= 194.5 mm



Gambar 7. 9 Letak Shear wall

Berdasarkan hasil perhitungan dari program bantu ETABS didapatkan beban pada *shear wall* sebagai berikut :

- $P_u$  = 31359.08 KN
- $M_{ux}$  = 83441.61 KNm
- $M_{uy}$  = 54253.63 KNm
- $V_u$  = 3246.8 KN

#### 7.4.2 Kontrol Dimensi Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 14.5.3, tebal minimum dinding geser tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi dinding geser :

$$\begin{aligned}
 \text{tebal} &= \frac{1}{25} \times \text{tinggi} \\
 &= \frac{1}{25} \times 400
 \end{aligned}$$

$$= 16 \text{ cm}$$

$$27 \text{ cm} > 16 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

#### 7.4.3 Kontrol Penampang Terhadap Geser

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4, Penampangn dinding geser terhadap gaya geser tidak boleh diambil melebihi :

$$A_{cv} = \text{tebal} \times \text{panjang dinding}$$

$$A_{cv} = 27 \times 1750 = 4725000 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.83 A_{cv} \sqrt{f_c}$$

$$= 0.83 \times 4725000 \sqrt{26}$$

$$= 19997.07 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 19997.079 = 14997.8 \text{ KN}$$

$$V_u = 3246.8 \text{ KN} < \phi V_n = 14997.8 \text{ KN (OK)}$$

#### 7.4.4 Kontrol Dimensi Terhadap Gaya Aksial

Mengacu pada SNI 2487-2013 pasal 14.5.2, kekuatan nominal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

$$\phi P_n = 0.55 \phi f_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Dimana :

k : faktor panjang efektif (0.8)

l<sub>c</sub> : panjang kolom

$$\phi P_n = 0.55 \phi f_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right]$$

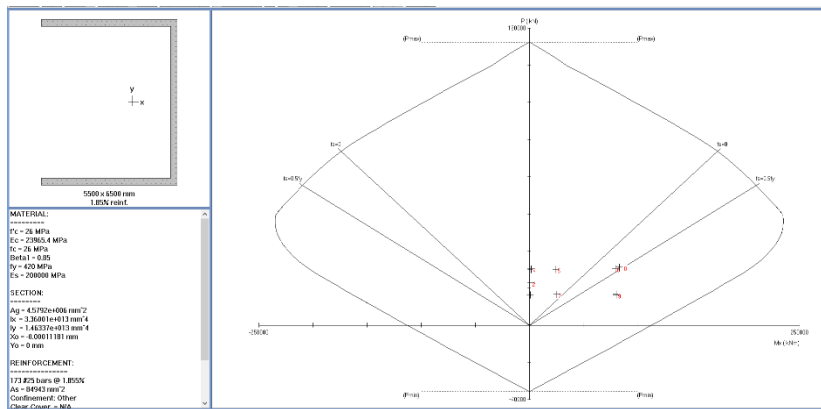
$$\phi P_n = 43724.235 \text{ KN}$$

$$P_u = 31359.1 \text{ KN} < \phi P_n = 43724.236 \text{ KN (OK)}$$

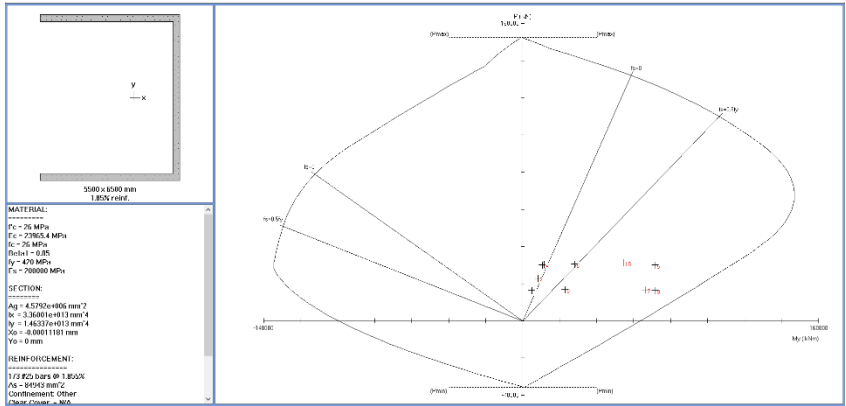
### 7.4.3 Penulangan *Shear Wall*

#### 7.4.3.1 Tulangan longitudinal *shear wall*

Perhitungan tulangan longitudinal pada *shear wall* menggunakan bantuan program Sp Column dengan menginput beban aksial dan momen yang didapatkan dari hasil ETABS, dan didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 7. 10 Diagram interaksi shear wall arah X



Gambar 7. 11 Diagram Interaksi *shear wall* arah Y

Dari hasil analisa program Sp Column didapatkan tulangan 173D25 . Dan dari Gambar 7. 10 dan Gambar 7. 11 didapatkan momen kapasitas *shear wall* sebagai berikut :

Arah X

$$\phi M_{nx} > M_{ux}$$

$$163290.11 \text{ KNm} > 83442 \text{ KNm (OK)}$$

Arah Y

$$\phi M_{ny} > M_{uy}$$

$$90873.87 \text{ KNm} > 54254 \text{ KNm (OK)}$$

#### 7.4.3.2 Penulangan Geser *Shear wall*

- Jumlah Lapisan Tulangan

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2, Paling sedikit dua tirai tulangan yang dipasang jika  $V_u > 0.17 A_{cv} \lambda \sqrt{f'_c}$



$$V_u > 0.17 A_c v \pi \lambda \sqrt{f_c}$$

$$3246.8 \text{ KN} < 4095.787 \text{ KN} \quad (1 \text{ Lapisan tulangan})$$

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 14.3.4, tebal dinding yang lebih dari 25 mm, harus dipasang tulangan 2 lapis

$$\text{Tebal} > 250 \text{ mm}$$

$$270 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \quad (2 \text{ lapisan tulangan})$$

Sehingga untuk tulangan geser dipasang 2 lapisan tulangan

- Kontrol kekuatan tulangan geser

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1, Kekuatan tulangan geser direncanakan sebagai berikut :

$$h_w (\text{tinggi}) = 4000 \text{ mm}$$

$$l_w (\text{panjang}) = 17500 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{l_w} = 0.22$$

$$\alpha_c = 0.25$$

$$s (\text{sengkang}) = 200 \text{ mm}$$

$$A_s (2D14) = 307.87 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s \text{ sengkang}}{d_x \times s}$$

$$\rho = \frac{307.87}{193.5 \times 200}$$

$$= 0.00795$$

$$V_n = A_{cv} (ac l \sqrt{f'_c} + \rho f_y)$$

$$= 21810.81 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 21810.81$$

$$= 16358.11 \text{ KN}$$

$$\phi V_n > V_u \quad (OK)$$

- Rasio Tulangan

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.2, rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto tidak boleh kurang dari 0.0025

$$\rho = 0.00795$$

$$\rho = 0.00795 > 0.0025 \quad (OK)$$

- Kontrol Spasi tulangan

- Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.1, Spasi tulangan untuk masing masing arah pada dinding struktur tidak boleh melebihi 450 mm

$$S < 450$$

$$200 < 450 \quad (OK)$$

- Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.3, jarak spasi tulangan horizontal tidak boleh melebihi :

$$\frac{l_w}{5} = 3500 \text{ mm}$$

$$3h = 12000 \text{ mm}$$

$$S = 450 \text{ mm}$$

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

- Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.5, jarak spasi tulangan vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$\frac{l_w}{3} = 5833 \text{ mm}$$

$$3h = 12000 \text{ mm}$$

$$S = 450 \text{ mm}$$

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

#### 7.4.3.3 Perencanaan Komponen Batas

- Kontrol Komponen Batas

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.2, penentuan komponen pembatas berdasarkan pendekatan perpindahan.

$$C \geq \frac{l_w}{600 \left( \frac{\delta_u}{h_w} \right)}$$

$$\delta_u = 127 \text{ mm}$$

$$h_w = 60000 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta_u}{h_w} = 0.002116 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta_u}{h_w} \text{ pakai} = 0.007 \text{ mm}$$

$$C \geq \frac{17500}{600 (0.007)}$$

$$C = 416.6 \text{ cm}$$

$$C \text{ (dari Sp Column)} = 885 \text{ mm}$$

$$C < C \text{ (Sp Column)}$$

Sehingga membutuhkan elemen pembatas.

Mengacu pada SNI 2847-2013, dinding geser membutuhkan elemen pembatas jika :

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{A} > 0.2 f_c$$

$$\frac{83441.61}{\frac{1}{6} \times 0.27 \times 17.5^2} + \frac{31359.08}{0.27 \times 17.5} > 0.2 \times 26$$

$$\frac{83441.61}{\frac{1}{6} \times 0.27 \times 17.5^2} + \frac{31359.08}{0.27 \times 17.5} > 0.2 f_c$$

$$12.69 > 5.2$$

Sehingga dibutuhkan elemen pembatas

- Panjang komponen batas

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.4,  
elemen pembatas harus memenuhi :

$$c - 0.1 l_w = 865 \text{ mm}$$

$$c / 2 = 442.5 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang elemen pembatas  
900 mm

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VIII**

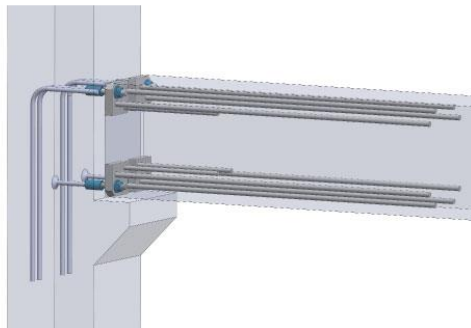
### **Perencanaan Sambungan Pracetak**

#### 8.1 Umum

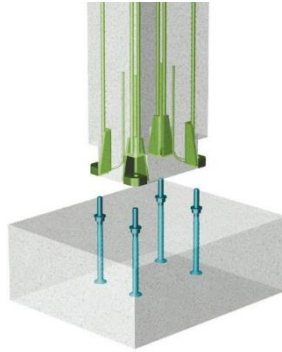
Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dari elemen struktur ke elemen struktur lainnya dan diteruskan sampai ke balok, kolom dan ke pondasi. Sambungan yang digunakan adalah sambungan kering dengan menggunakan *bolt* dan *anchor*, kemudian sambungan digROUTING agar sambungan menjadi kuat. Sambungan antara elemen pracetak harus bersifat monolit agar dapat mentransfer gaya secara bersama-sama.

#### 8.2 Konsep Desain Sambungan

Konsep sambungan pada tugas akhir ini menggunakan salah satu produk dari peikko group. Sambungan direncanakan dengan menggunakan sistem anchor bolt untuk menyalurkan elemen pracetak dan penyambung menggunakan sistem baut atau coupler. Berikut adalah ilustrasi sambungan pada elemen pracetak.



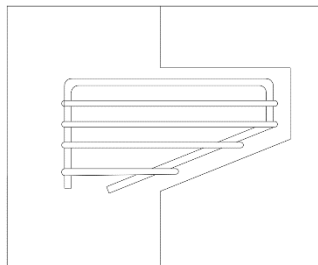
Gambar 8. 1 Detail sambungan pada Balok dengan Kolom



Gambar 8. 2 Detail Sambungan Kolom dengan Base Plate

### 8.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Perencanaan sambungan antar balok induk ke balok anak maupun balok induk ke kolom, diperlukan konsol pendukung yang berfungsi untuk menjadi tempat meletakkan balok induk dan kemudian dirangkai menjadi satu dengan kolom, dan begitupun antara balok induk dengan balok anak. Perencanaan konsol pendek mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.8. Ilustrasi konsol pendek dapat dilihat pada Gambar 8. 3



Gambar 8. 3 Detail tulangan konsol pendek



### 8.3.1 Data Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan konsol pendek antara balok induk B13 dengan kolom K11.

- $f'_c$  = 26 Mpa
- $f_y$  = 420 Pa
- D longitudinal = 16 mm
- D transversal = 14 mm
- Tinggi konsol = 30 cm
- Lebar konsol = 40 cm
- Tinggi tepi = 15 cm
- Cover = 4 cm
- dx =  $300 - 40 - 0.5 \times 16$   
= 252 mm
- $a_v$  = 150 mm
- $V_u$  = 169.2 KN
- $N_u$  = 65 KN

### 8.3.2 Perhitungan Tulangan konsol

- Luas Pelat Landasan

$$\begin{aligned}
 Al &= \frac{Vu}{\phi \times 0.85 \times fc} \\
 &= \frac{170.46}{0.75 \times 0.85 \times 26} \\
 &= 10208.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas Landasan pakai  $400 \times 150 = 60000 \text{ mm}^2$ , dengan tebal plat 15 mm

- Luas Tulangan Geser Friksi

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.6.5, Kuat geser ( $V_n$ ) tidak boleh diambil melebihi dari :

$$\begin{aligned} - \quad V_n &= \frac{Vu}{\phi} \\ &= \frac{170.46}{0.75} = 225.6 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.2 f_c b_w d &= 0.2 \times 26 \times 400 \times 252 \\ &= 524.16 \text{ KN} > V_n \quad (\text{OKE}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad (3.3 + 0.08 f_c) b_w d &= (3.3 + 0.08 \times 26) \times 400 \times 252 \\ &= 542.304 \text{ KN} > V_n \quad (\text{OKE}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad 11 b_w d &= 11 \times 400 \times 252 \\ &= 1108.8 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad Avf &= \frac{V_n}{f_y \mu} \\ &= \frac{227.28}{420 \times 1.4} \\ &= 383.67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas tulangan lentur

Perencanaan tulangan lentur mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 11.8.3.4.

$$\begin{aligned} Mu &= Vu \times Av + Nuc (h - d) \\ &= 169 \times 150 + 65 (300 - 252) \\ &= 28.5 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_f &= \frac{M_u}{0.85 \times \phi \times f_y \times d} \\
 &= \frac{25809000}{0.85 \times 0.75 \times 420 \times 252} \\
 &= 422.39 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{N_u}{\phi \times f_y} \\
 &= \frac{65000}{0.75 \times 420} \\
 &= 206.35 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \mu} \\
 &= \frac{227.28}{420 \times 1.4} \\
 &= 386.53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Pemilihan Tulangan.

$$\begin{aligned}
 A_{sc1} &= A_f + A_n \\
 &= 422.39 + 206.35 \\
 &= 628.74 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc2} &= \left( \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \right) \\
 &= \left( \frac{2}{3} \times 386.53 + 206.35 \right)
 \end{aligned}$$

$$= 462.13 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{sc} \text{ min} &= 0.04 \times \frac{f_c}{f_y} \times b_w \times d \\ &= 0.04 \times \frac{f_c}{f_y} \times 400 \times 252 \\ &= 249.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sc} \text{ pakai} = 628.74 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_{sc} \text{ pakai}}{A_s (16)} = \frac{628.74}{200.96} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_h &= 0.5 (A_{sc} + A_n) \\ &= 0.5 (628.74 + 206.35) \\ &= 211.196 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_{sc} \text{ pakai}}{A_s (14)} = \frac{211.196}{153.86} \approx 3 \text{ buah}$$

Berikut adalah rekapitulasi dari tulangan konsol:

Tabel 9. 1 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek

	Ukuran		D longitudinal (mm)	D transversal (mm)	Primer	Horizontal
	b (mm)	h (mm)			Buah	Buah
K11 - B11	400	300	16	13	4	3
K11 - B13	500	300	16	13	4	3
B14 - BA11	450	150	16	13	3	2
B14 - BA13	450	150	16	13	3	2

## 8.4 Perencanaan Sambungan Balok Kolom

Sambungan antara balok dan kolom menggunakan panjang penyaluran pada balok.

### 8.4.1 Data Perencanaan

- $f'_c$  : 26 Mpa
- $f'_y$  : 420 Mpa
- $d_b$  : 25 mm

### 8.4.2 Perencanaan *Single Sided Connector*

- Panjang Penyaluran bagian Tarik

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.5, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{\left(0.24 \psi_e \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f'_c}} \times d_b \\
 &= \frac{\left(0.24 \times 1 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25 \\
 &= 494.212 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= 8d_b \\
 &= 8 \times 25 \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dh} = 150$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 500 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 500 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *Modix Rebar Coupler*.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} N_u (1.25 f_y) &= A_s \times 1.25 f_y \\ &= 490.87 \times 1.25 \times 420 \\ &= 257.708 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$N_{rd} = (41^2 - 25^2) \times \frac{1}{4} \times \pi \times 550$$

$$N_{rd} = 456.15 \text{ KN}$$

$$N_{rd} > N_u \quad (\text{OK})$$

Sehingga sambungan pada balok memakai *SM25B -P- 1300* dan pada kolom memakai *SM25A -P12-700(500)*

- Kontrol Geser pada Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar kali dari beban geser yang terjadi pada sambungan :

$$A_s (D55) = 2374.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_u (1.25 f_y) &= 0.75 \times (0.5 f_u) \times m \times A_s \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 355 \times 2374.625 \\ &= 316.121 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_u = 298.54 \text{ KN}$$

$$V_n > V_u \quad (OK)$$

- Panjang Penyaluran bagian Tekan

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.3, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$l_{dc1} = \frac{\left(0.24 \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f_c}} \times d_b$$

$$= \frac{\left(0.24 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25$$

$$= 494.212 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 f_y d_b$$

$$= 0.043 \times 420 \times 25$$

$$= 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 200$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 500 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 500 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *BECO Beam* dan pada kolom memakan *Copra Anchoring Coupler*.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} N_u (1.25 f_y) &= A_s \times 1.25 f_y \\ &= 490.87 \times 1.25 \times 420 \\ &= 257.708 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$N_{rd} = 383 \text{ KN}$$

$$N_{rd} > N_u \quad (OK)$$

- Kontrol Geser pada Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar kali dari beban geser yang terjadi pada sambungan :

$$A_s (D55) = 2374.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_u (1.25 f_y) &= 0.75 \times (0.5 f_u) \times m \times A_s \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 355 \times 2374.625 \\ &= 316.121 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_n = 298.54 \text{ KN}$$

$$V_n > V_u \quad (OK)$$

Sehingga sambungan pada balok memakai *BECO 39 H* dan pada kolom memakai *Copra 39H- L-500*



### 8.4.3 Perencanaan Double Sided Connection

- Panjang Penyaluran bagian Tarik

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.5, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{\left(0.24 \psi_e \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f_c}} \times d_b \\ &= \frac{\left(0.24 \times 1 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25 \\ &= 494.212 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh} &= 8d_b \\ &= 8 \times 25 \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dh} = 150$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 500 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 500 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *Modix Rebar Coupler*

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$N_u (1.25 f_y) = A_s \times 1.25 f_y$$

$$= 490.87 \times 1.25 \times 420$$

$$= 257.708 \text{ KN}$$

$$N_{rd} = (41^2 - 25^2) \times \frac{1}{4} \times \pi \times 550$$

$$N_{rd} = 456.15 \text{ KN}$$

$$N_{rd} > N_u \quad (\text{OK})$$

Sehingga sambungan pada balok memakai *SM25B -P- 1300* dan pada kolom memakai *SM25A - D - 700(500)*

- Panjang Penyaluran bagian Tekan

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.3, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$l_{dc1} = \frac{\left(0.24 \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f_c}} \times d_b$$

$$= \frac{\left(0.24 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25$$

$$= 494.212 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 f_y d_b$$

$$= 0.043 \times 420 \times 25$$

$$= 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 200$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 500 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 500 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *BECO Beam* dan pada kolom memakai *Copra Anchoring Coupler*.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} N_u (1.25 f_y) &= A_s \times 1.25 f_y \\ &= 490.87 \times 1.25 \times 420 \\ &= 257.708 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$N_{rd} = 383 \text{ KN}$$

$$N_{rd} > N_u \quad (OK)$$

- Kontrol Geser pada Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar kali dari beban geser yang terjadi pada sambungan :

$$A_s (D55) = 2374.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_u (1.25 f_y) &= 0.75 \times (0.5 f_u) \times m \times A_s \\
 &= 0.75 \times 0.5 \times 355 \times 2374.625 \\
 &= 316.121 \text{ KN} \\
 V_u &= 298.54 \text{ KN} \\
 V_n &> V_u \quad (OK)
 \end{aligned}$$

Sehingga sambungan pada balok memakai *BECO 39 H* dan pada kolom memakai *Copra 39H- D -500*

Tabel 8. 1 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk ke Kolom

Single Sided Connection	
B11 - K11, K12, K13	
Tarik	SM25A-P12-700(500) , SM25B-P-1300
Tekan	BECO 39H , Copra 39H -L 500
B13 - K11, K12, K13	
Tarik	SM25A-P12-700(500) , SM25B-P-1300
Tekan	BECO 39H , Copra 39H -L 500

Double Sided Connection	
B11 - B12 - K11	
Tarik	SM25B-P-1200 , SM25A-D-700(500) , SM25B-P-1200
Tekan	BECO 39H , Copra 39H - D -500 , BECO 39H
B12 - B13 - K11	
Tarik	SM25B-P-1200 , SM25A-D-700(500) , SM25B-P-1200
Tekan	BECO 39H , Copra 39H - D -500 , BECO 39H
B14 - B15 - K11	
Tarik	SM25B-P-1200 , SM25A-D-700(500) , SM25B-P-1200
Tekan	BECO 39H , Copra 39H - D -500 , BECO 39H
B15 - B16 - K11	
Tarik	SM25B-P-1200 , SM25A-D-700(500) , SM25B-P-1200
Tekan	BECO 39H , Copra 39H - D -500 , BECO 39H

## 8.5 Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Sambungan antara balok induk dengan balok anak menggunakan prinsip yang sama dengan sambungan balok induk ke kolom. Dan berikut adalah perhitungannya :

### 8.5.1 Data Perencanaan

- $f'_c$  : 26 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- $d_b$  : 25 mm

### 8.5.2 Perencanaan *Single Sided Connection*

- Panjang Penyaluran bagian Tarik

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.5, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{\left(0.24 \psi_e \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f'_c}} \times d_b \\
 &= \frac{\left(0.24 \times 1 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25 \\
 &= 494.212 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= 8d_b \\
 &= 8 \times 25 \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dh} = 150$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 200 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam balok dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300$  mm

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *Modix Rebar Coupler*

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$N_u (1.25 f_y) = A_s \times 1.25 f_y$$

$$= 490.87 \times 1.25 \times 420$$

$$= 257.708 \text{ KN}$$

$$N_{rd} = (41^2 - 25^2) \times \frac{1}{4} \times \pi \times 550$$

$$N_{rd} = 456.15 \text{ KN}$$

$$N_{rd} > N_u \quad (OK)$$

Sehingga sambungan pada balok anak memakai *SM25B – P – 900* dan pada balok induk memakai *SM25A – L-(200)*

- Panjang Penyaluran bagian Tekan

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.3, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 l_{dc1} &= \frac{\left(0.24 \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f_c}} \times d_b \\
 &= \frac{\left(0.24 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25 \\
 &= 494.212 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc2} &= 0.043 f_y d_b \\
 &= 0.043 \times 420 \times 25 \\
 &= 451.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dh} = 200$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 200 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *Modix Rebar Coupler*.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 N_u (1.25 f_y) &= A_s \times 1.25 f_y \\
 &= 490.87 \times 1.25 \times 420 \\
 &= 257.708 \text{ KN} \\
 N_{rd} &= (41^2 - 25^2) \times \frac{1}{4} \times \pi \times 550 \\
 N_{rd} &= 456.15 \text{ KN} \\
 N_{rd} &> N_u \quad (OK)
 \end{aligned}$$

- Kontrol Geser pada Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar kali dari beban geser yang terjadi pada sambungan :

$$\begin{aligned}
 A_s (D55) &= 2374.625 \text{ mm}^2 \\
 V_u (1.25 f_y) &= 0.75 \times (0.5 f_u) \times m \times A_s \\
 &= 0.75 \times 0.5 \times 355 \times 2374.625 \\
 &= 316.121 \text{ KN} \\
 V_u &= 298.54 \text{ KN} \\
 V_n &> V_u \quad (OK)
 \end{aligned}$$

Sehingga sambungan pada balok anak memakai *SM25B -P- 900* dan pada balok induk memakai *SM25A - P12 -500(200)*

### 8.5.3 Perencanaan *Double Sided Connection*

- Panjang Penyaluran bagian Tarik



Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.5, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{\left(0.24 \psi_e \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f_c}} \times d_b \\
 &= \frac{\left(0.24 \times 1 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25 \\
 &= 494.212 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= 8d_b \\
 &= 8 \times 25 \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dh} = 150$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 200 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *Modix Rebar Coupler*.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 N_u (1.25 f_y) &= A_s \times 1.25 f_y \\
 &= 490.87 \times 1.25 \times 420 \\
 &= 257.708 \text{ KN} \\
 N_{rd} &= (41^2 - 25^2) \times \frac{1}{4} \times \pi \times 550 \\
 N_{rd} &= 456.15 \text{ KN} \\
 N_{rd} &> N_u \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Sehingga sambungan pada balok anak memakai *SM25B -P- 900* dan pada balok induk memakai *SM25A -D -200*

- Panjang Penyaluran bagian Tekan

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.3, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 l_{dc1} &= \frac{\left(0.24 \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f_c}} \times d_b \\
 &= \frac{\left(0.24 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 25 \\
 &= 494.212 \text{ mm} \\
 l_{dc2} &= 0.043 f_y d_b \\
 &= 0.043 \times 420 \times 25 \\
 &= 451.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dh} = 200$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 500 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 500 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan untuk tulangan tarik menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu pada balok memakai *Modix Rebar Coupler*.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$N_u (1.25 f_y) = A_s \times 1.25 f_y$$

$$= 490.87 \times 1.25 \times 420$$

$$= 257.708 \text{ KN}$$

$$N_{rd} = (41^2 - 25^2) \times \frac{1}{4} \times \pi \times 550$$

$$N_{rd} = 456.15 \text{ KN}$$

$$N_{rd} > N_u \quad (OK)$$

- Kontrol Geser pada Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar kali dari beban geser yang terjadi pada sambungan :

$$\begin{aligned}
 A_s (D55) &= 2374.625 \text{ mm}^2 \\
 V_u (1.25 f_y) &= 0.75 \times (0.5 f_u) \times m \times A_s \\
 &= 0.75 \times 0.5 \times 355 \times 2374.625 \\
 &= 316.121 \text{ KN} \\
 V_u &= 298.54 \text{ KN} \\
 V_n &> V_u \quad (OK)
 \end{aligned}$$

Sehingga sambungan pada balok anak memakai *SM25B -P- 900* dan pada balok induk memakai *SM25A - D -500(200)*

Tabel 8. 2 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak ke Balok Induk

Single Sided Connection	
BA11 - B14, B15, B16	
Tekan	SM25A-P12-500(200) , SM25B-P-900
Tarik	SM25A-L-500(200) , SM25B-P-900
BA13 - B14, B15, B16	
Tekan	SM25A-P12-500(200) , SM25B-P-900
Tarik	SM25A-L-500(200) , SM25B-P-900
Double Sided Connection	
BA11 - BA12 - B16	
Tekan	SM25A - D - 500(200) , SM25B - P - 900
Tarik	SM25A - D - 500(200) , SM25B - P - 900
BA12 - BA13 - B16	
Tekan	SM25A - D - 500(200) , SM25B - P - 900
Tarik	SM25A - D - 500(200) , SM25B - P - 900

### 8.6 Perencanaan Sambungan Plat lantai dan Balok Induk

Sambungan antara plat lantai dengan balok induk menggunakan tulangan yang ada pada balok dan tulang penyaluran pada plat akan dicor secara bersama sama dengan *overtopping*. Sambungan antara plat lantai dan balok induk mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.2 Berikut adalah perhitungannya :

- Panjang penyaluran pada kondisi tarik

$$\begin{aligned}
 l_d &= \left( \frac{f_y \times \Psi_e \times \Psi_t}{2.1 \lambda \sqrt{f_c}} \right) \times db \\
 &= \left( \frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \times 1 \times \sqrt{26}} \right) \times 25 \\
 &= 449 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_d = 300 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ pakai} = 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah tarik untuk arah X dan arah Y adalah sepanjang  $l_d = 450 \text{ mm}$

- Panjang penyaluran pada kondisi tekan

$$\begin{aligned}
 l_{dc1} &= \frac{\left( 0.24 \frac{f_y}{\lambda} \right)}{\sqrt{f_c}} \times db \\
 &= \frac{\left( 0.24 \times \frac{420}{1} \right)}{\sqrt{26}} \times 14
 \end{aligned}$$

$$= 276 \text{ mm}$$

$$l_{dcz} = 0.043 f_y db$$

$$= 0.043 \times 420 \times 14$$

$$= 252.84 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \text{ pakai} = 280 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan untuk arah X dan arah Y adalah sepanjang  $l_{dc} = 280 \text{ mm}$

### 8.7 Perencanaan Sambungan Tangga dengan *shear wall*

Sambungan antar tangga dan *shear wall* direncanakan menggunakan sambungan basah atau metode *cast in situ*, sehingga pada perencanaan sambungan menggunakan penyaluran tulangan. Berikut adalah perhitungannya :

#### 8.7.1 Data Perencanaan

- $f'_c$  : 26 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- $d_b$  : 19 mm

#### 8.7.2 Panjang Penyaluran Kondisi Tarik

- Panjang Penyaluran bagian Tarik

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.5, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$l_{dh} = \frac{\left(0.24 \psi_e \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f'_c}} \times d_b$$

$$= 375.6 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 8d_b$$

$$= 8 \times 19$$

$$= 152 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 150$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 400 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 400 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 19 \approx 300 \text{ mm}$

- Panjang Penyaluran bagian Tekan

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 12.3, panjang penyaluran untuk kondisi tarik harus memenuhi sebagai berikut :

$$l_{dc1} = \frac{\left(0.24 \frac{f_y}{\lambda}\right)}{\sqrt{f_c}} \times d_b$$

$$= \frac{\left(0.24 \times \frac{420}{1}\right)}{\sqrt{26}} \times 19$$

$$= 375.6 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 f_y d_b$$

$$= 0.043 \times 420 \times 19$$

$$= 343.14 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 400$$

$$l_{dh} \text{ pakai} = 400 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sepanjang 400 mm dengan panjang minimum kait yang berada didalam kolom dengan standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_o = 12 \times 19 \approx 300$  mm

### 8.8 Perencanaan Sambungan Kolom dan Kolom

Perencanaan sambungan kolom dan kolom memiliki kemiripan dengan sambungan balok dan kolom. Perencanaan sambungan menggunakan sambungan baut dari produk *Peikko Group* dengan jenis *HPKM Column Shoe* untuk bagian bawah kolom dan *HPM Rebar Achor Bolt* untuk sambungan atas kolom. Perencanaan sambungan kolom dan kolom mengacu pada SNI 2847-2013 pasla 12.2

#### 8.8.1 Perencanaan Sambungan Antar Kolom Sejenis

- Kontrol kekuatan

Kekuatan sambungan harus lebih besar 1.25 kali dari kekuatan tulangan penyaluran.

$$A_s (D25) = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$P_u (1.25 f_y) = A_s \times 1.25 f_y$$

$$= 490.87 \times 1.25 \times 420$$

$$= 257.708 \text{ KN}$$

$$\phi P_n = 390 \text{ KN}$$

$$\phi P_n > P_u \quad (OK)$$

- Kontrol Geser

Kekuatan geser pada sambungan direncanakan dengan rumus yang terdapat pada brosur.



$$V_{ua} = \frac{V_u - \phi V_n}{n}$$

$$\phi V_n = \phi \mu P_u$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 0.7 \times P_u$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 0.7 \times 9260$$

$$\phi V_n = 4861 \text{ Kn}$$

$$V_{ua} = \frac{V_u - \phi V_n}{n}$$

$$V_{ua} = \frac{50.8 - 4861}{3}$$

$$V_{ua} = -1603 \text{ KN}$$

Sehingga digunakan 3 sambungan pada kolom dengan tipe memakai *HPKM 39 ACI* dan *HPM 39 ACI ASTM*.

#### 8.8.2 Perencanaan Sambungan Antar Kolom Berbeda Dimensi

Perencanaan sambungan antar K11 dengan K12 dan K12 dengan K13 menggunakan produk yang sama dengan sambungan kolom sejenis yaitu dari *peikko group* dengan jenis *HPKM Column Shoe* untuk sambungan bawah kolom dan *Modix RM Achor Bolt (reduction Coupler)*, untuk pengecilan dibagian atas kolom dan menggunakan *HPM Rebar Achor Bolt* untuk sambungan antar kolom.

“Halaman sengaja dikosongkan”

## **BAB IX**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### 9.1 Umum

Pondasi merupakan struktu bawah yang berfungsi untuk menerima semua beban dari struktur dan disalurkan ke tanah. Perencanaan pondasi pada tugas akhir ini menggunakan pondasi tiang pancang dengan jenis prestressed concrete spun pile dari PT. WIKA ( Wijaya Karya) Beton. Pembahasan pada bab ini meliputi jumlah tiang pancang, kedalaman tiang pancang dan pile cap.

#### 9.2 Beban Struktur

Beban dari struktur menentukan perencanaan pondasi yang akan direncanakan. Beban pada struktur akan disalurkan melalui kolom menuju tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi mengacu pada SNI 1726-2012 pasal 4.2.3 kombinasi beban untuk metode tegangan ijin. Kombinasi beban berikut merupakan kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0.75 L
- D + 0.7 E
- D + 0.75 L + 0.75(0.7 E)
- 0.6 D + 0.7 E

Dari kombinasi diatas dilakukan control untuk masing masing kombinasi untuk dijadikan penentu dalam perhitungan kebutuhan tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Berikut adalah hasil output joint reaction dari kolom dan shear wall dari program bantu ETABS :

Tabel 9. 2 Joint Reaction pada Kolom

Load Case/Combo	Pu	Hx	Hy	My	Mx
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D	-374.70	-2.90	-1.70	-2.32	-6.47
D + L	-426.17	-3.50	-1.98	-2.69	-7.77
D + 0.75 L	-413.30	-3.35	-1.91	-2.59	-7.44
D + 0.7 Ex	-401.03	-4.95	-2.96	-10.54	-22.64
D + 0.7 Ey	-398.58	-4.28	-3.94	-16.86	-14.40
D + 0.75L + 0.525 Ex	-433.05	-4.89	-2.86	-8.76	-19.57
D + 0.75L + 0.525 Ey	-431.22	-4.39	-3.59	-13.50	-13.39
0.6 D + 0.7 Ex	-251.15	-3.80	-2.28	-9.61	-20.05
0.6 D + 0.7 Ey	-248.70	-3.12	-3.26	-15.93	-11.81
Env	-433.05	-4.89	-3.94	-16.86	-19.57

Tabel 9. 3 Joint Reaction pada Shear wall.

Load Case/Combo	Pu	Hx	Hy	My	Mx
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D	-2148.57	4.57	-5.14	759.99	-133.40
D + L	-2436.08	5.48	-6.10	910.91	-146.66
D + 0.75 L	-2364.20	5.25	-5.86	873.18	-143.34
D + 0.7 Ex	-2187.25	-67.89	-221.42	-3463.36	-1990.73
D + 0.7 Ey	-1836.35	220.35	55.14	1537.99	4376.84
D + 0.75L + 0.525 Ex	-2393.21	-49.10	-168.07	-2294.33	-1536.34
D + 0.75L + 0.525 Ey	-2055.04	172.11	39.35	1576.68	4039.34
0.6 D + 0.7 Ex	-1327.82	-69.72	-219.37	-3767.35	-1937.37
0.6 D + 0.7 Ey	-1301.36	-219.74	-63.36	-722.00	-4190.28
Env	-1276.92	227.05	156.36	3240.69	4030.20

### 9.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* dari PT. Wijaya Karya Beton.

- Tiang Pancang merupakan tiang pancang pracetak dengan penampang berbentuk bulat berongga.
- Mutu beton tiang pancang K-800 ( *compressive strength is 800 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days* )

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang digunakan,

- Diameter tiang pancang = 800 mm
- Tebal tiang = 120 mm
- Kelas tiang pancang = B
- Luas Penampang = 2563.54 cm<sup>2</sup>
- Berat = 641 kg/m
- Panjang = 6 – 20 m
- Moment Crack ( $M_{cr}$ ) = 55 ton.m
- Moment Ultimate ( $M_u$ ) = 99 ton.m
- Allowable Axial Load ( $P_u$ ) = 388.61 ton

### 9.4 Data Tanah

Data tanah yang dibutuhkan dalam merencanakan pondasi. Data tanah yang didapatkan sudah melalui proses penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam tugas akhir ini data tanah untuk perencanaan pondasi didapatkan dari Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil ITS Surabaya.

### 9.5 Daya Dukung

#### 9.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancing ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari lekatan lateral dari tanah

( $Q_s$ ). Oleh 2 hal tersebut, daya dukung total tanah adalah  $Q_u = Q_s + Q_p$ .

Selain meninjau kekuatan tanah pada lokasi dimana tiang akan ditanam, kuat atau daya dukung suatu tiang pancang harus ditinjau berdasarkan kekuatan dari bahan tiang pancang yang dipakai. Hasil daya dukung tiang pancang yang digunakan dalam perancangan adalah daya dukung tiang pancang ijin.

Daya dukung hasil SPT lapangan tidak dapat digunakan secara langsung. Hasil SPT harus dikoreksi dengan metode perhitungan dari Terzaghi Bazaraa 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ . Nilai  $N_1$  digunakan yang terkecil dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} - N_1 &= 15 + 0.5(N-15) \\ - N_1 &= 0.6 N \end{aligned}$$

Diambil nilai yang paling kecil

2. Koreksi terhadap overburden pressure dari tanah

Hasil dari  $N_1$  dikoreksi kembali untuk pengaruh tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan dimana nilai  $N$  tersebut didapatkan, dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - N_2 &= \frac{4N_1}{1+0.4P_o} & , \text{ untuk } P_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2 \\ - N_2 &= \frac{4N_1}{3.25+0.1P_o} & , \text{ untuk } P_o \geq 7.5 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai dari  $N_2$  yang sudah dihitung harus lebih kecil dari  $2N_1$ , apabila  $N_2 > 2N_1$ , maka nilai  $N_2$  dibuat menjadi  $2N_1$ .

3. Menghitung daya dukung *ultimate* tanah

$$.P_{ult} = C_n A_{ujung} + \Sigma C_{li} A_{si}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_{li} &= \text{Hamabatan geser selimut tiang pada segmen } i \\ &= \frac{N_i}{2} \text{ untuk tanah lempung / lanau} \\ &= \frac{N_i}{5} \text{ untuk tanah pasir} \end{aligned}$$

$$A_{si} = \text{Luas selimut tiang pada segmen } I = O_i \times h_i$$

$$O_i = \text{Keliling tiang}$$

$$C_n = 40 \bar{N}$$

.  $\bar{N}$  = Harga rata rata  $N_2$  4D dibawah ujung hingga 8D diatas

Maka :

$$.P_{ult} = 40 \bar{N} A_{ujung} + \Sigma \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} A_{si}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan angka keamanan (SF = 3).

$$.P_{ult} = \frac{P_{ult}}{SF}$$

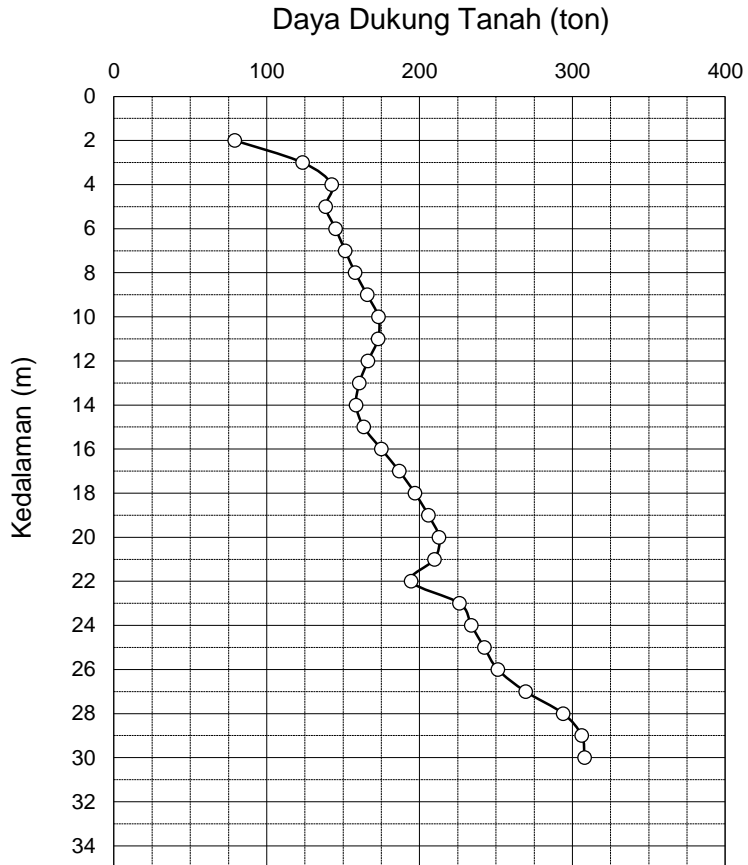
Tabel 9. 4 Rekapitulasi Daya Dukung Tanah

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N <sub>15</sub> -stand	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> )	po (ton/m <sup>2</sup> )	N <sub>Corr</sub>	2N	N <sub>Corr</sub>	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m <sup>2</sup> )	Rsi (ton)	$\Sigma$ Rsi (ton)	Quit = Qujung + $\Sigma$ Rsi	Qijin = Quit/SF SF=3 ; (ton)
1	<b>0.00</b>	P	0.000	1.628	0.628	0.314	0.000	0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.0	<b>12.00</b>	P	12	1.628	0.628	0.942	34.863	24	24.00	11.50	231.22	4.80	6.03	6.03	237.25	<b>79.08</b>
3.0	10.00	L	10	1.628	0.628	1.57	24.570	20	20.00	16.80	337.78	10.00	12.57	32.42	370.21	<b>123.40</b>
4.0	<b>8.00</b>	L	8	1.628	0.628	2.198	17.029	16	16.00	18.59	373.81	8.00	10.05	53.78	427.60	<b>142.53</b>
5.0	9.00	L	9	1.628	0.628	2.826	16.898	18	16.90	16.94	340.60	8.45	10.62	75.06	415.66	<b>138.55</b>
6.0	<b>10.00</b>	L	10	1.628	0.628	3.454	16.795	20	16.80	16.85	338.78	8.40	10.55	96.19	434.98	<b>144.99</b>
7.0	<b>11.00</b>	L	11	1.628	0.628	4.082	16.712	22	16.71	16.76	336.90	8.36	10.50	117.22	454.12	<b>151.37</b>
8.0	<b>12.00</b>	L	12	1.716	0.716	4.754	16.543	24	16.54	16.69	335.50	8.27	10.39	138.09	473.59	<b>157.86</b>
9.0	13.50	L	13.5	1.716	0.716	5.47	16.939	27	16.94	16.80	337.86	8.47	10.64	159.26	497.12	<b>165.71</b>
10.0	<b>15.00</b>	L	15	1.716	0.716	6.186	17.269	30	17.27	16.82	338.19	8.63	10.85	180.86	519.05	<b>173.02</b>
11.0	14.00	L	14	1.716	0.716	6.902	14.890	28	14.89	15.83	318.22	7.45	9.36	200.29	518.51	<b>172.84</b>
12.0	<b>13.00</b>	L	13	1.716	0.716	7.618	12.962	26	12.96	14.01	281.77	6.48	8.14	217.13	498.89	<b>166.30</b>
13.0	12.00	L	12	1.716	0.716	8.334	11.755	24	11.75	12.41	249.59	5.88	7.39	232.27	481.87	<b>160.62</b>
14.0	<b>11.00</b>	L	11.000	1.716	0.716	9.05	10.590	22	10.59	11.42	229.53	5.29	6.65	245.94	475.47	<b>158.49</b>
15.0	12.50	L	12.5	1.716	0.716	9.766	11.830	25	11.83	11.44	230.09	5.91	7.43	260.42	490.51	<b>163.50</b>
16.0	<b>14.00</b>	L	14	1.841	0.841	10.607	12.991	28	12.99	12.36	248.42	6.50	8.16	276.39	524.81	<b>174.94</b>
17.0	15.00	L	15	1.841	0.841	11.448	13.652	30	13.65	13.27	266.84	6.83	8.58	293.34	560.18	<b>186.73</b>
18.0	<b>16.00</b>	L	16	1.841	0.841	12.289	14.289	32	14.29	13.92	279.95	7.14	8.98	311.09	591.05	<b>197.02</b>
19.0	16.50	L	16.5	1.841	0.841	13.13	14.464	33	14.46	14.33	288.14	7.23	9.09	329.22	617.35	<b>205.78</b>
20.0	<b>17.00</b>	L	17	1.841	0.841	13.971	14.633	34	14.63	14.46	290.78	7.32	9.19	347.55	638.34	<b>212.78</b>
21.0	16.50	L	16.5	1.841	0.841	14.812	13.950	33	13.95	13.12	263.76	6.97	8.77	365.29	629.05	<b>209.68</b>
22.0	<b>16.00</b>	P	9.6	1.841	0.841	15.653	7.975	19.2	7.97	10.63	213.74	1.59	2.00	369.35	583.10	<b>194.37</b>



23.0	19.50	P	11.7	1.841	0.841	16.494	9.552	23.4	9.55	15.15	304.62	1.91	2.40	373.96	678.58	<b>226.19</b>
24.0	<b>23.00</b>	P	14	1.841	0.841	17.335	11.077	27.6	11.08	16.04	322.41	2.22	2.78	379.34	701.75	<b>233.92</b>
25.0	23.00	P	13.8	1.841	0.841	18.176	10.893	27.6	10.89	17.02	342.16	2.18	2.74	384.83	726.99	<b>242.33</b>
26.0	<b>23.00</b>	P	13.8	1.841	0.841	19.017	10.715	27.6	10.71	18.07	363.33	2.14	2.69	390.24	753.58	<b>251.19</b>
27.0	28.00	L	28	1.841	0.841	19.858	21.391	56	21.39	19.50	392.02	10.70	13.44	416.02	808.04	<b>269.35</b>
28.0	<b>33.00</b>	L	33	1.841	0.841	20.699	24.812	66	24.81	21.68	435.94	12.41	15.59	446.14	882.07	<b>294.02</b>
29.0	29.50	L	29.5	1.841	0.841	21.54	21.836	59	21.84	22.07	443.76	10.92	13.72	474.50	918.26	<b>306.09</b>
30.0	<b>26.00</b>	L	26	1.745	0.745	22.333	18.967	52	18.97	21.12	424.73	9.48	11.92	499.23	923.95	<b>307.98</b>

Dari hasil perhitungan diatas, diambil tiang pancang diameter pada kedalaman 20 m dengan daya dukung tanah sebesar 212.78 ton. Berikut adalah grafik daya dukung tanah



Gambar 9. 1 Grafik P ijin tanah

### 9.5.2 Jarak Antar Tiang Pancang

Untuk mengetahui kebutuhan tiang pancang pada satu kolom maka harus membagi beban aksial yang berasal dari kolom dan daya dukung ijin pada satu tiang.

Jarak antar tiang pancang direncanakan sesuai yang diijinkan dan tebal poer yang direncanakan menggunakan tebal 1 m

- Jarak antar tiang :

$$2D < S < 2.5D$$

$$2 \times 80 < S < 2.5 \times 80$$

$$160 \text{ cm} < S < 200 \text{ cm}$$

$$S \text{ pakai} = 160 \text{ cm}$$

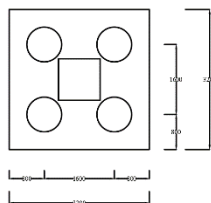
- Jarak antar tiang :

$$1D < S < 1.5D$$

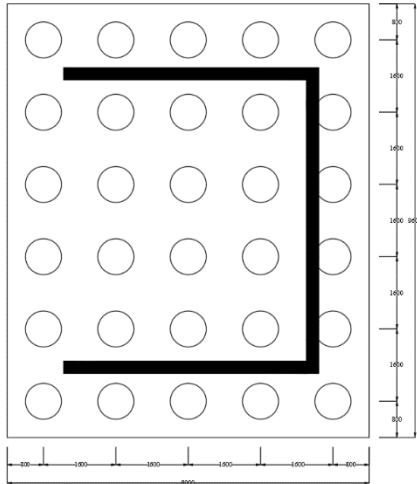
$$80 < S < 1.5 \times 80$$

$$80 \text{ cm} < S < 120 \text{ cm}$$

$$S_1 \text{ pakai} = 80 \text{ ----}$$



Gambar 9. 2 Poer Tipe 1



Gambar 9. 3 Tiang pancang Tipe 2

### 9.5.3 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang dalam Grup

Beban maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang berasal dari gaya aksial dan momen yang disalurkan oleh kolom. Momen yang terjadi dapat mengakibatkan gaya tekan maupun gaya tarik pada tiang pancang namun dalam perhitungan hanya menghitung gaya tekan pada tiang pancang karena gaya tarik diasumsikan lebih kecil dari beban gravitasi, sehingga menggunakan persamaan :

$$P_{\max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum Y^2}$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang dalam grup harus dikoreksi dengan faktor efisiensi tiang ( $\eta$ ) menurut Seiler-Keeney Formula

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

Dimana:

- S = jarak antar tiang pancang (m)
- m = barik tiang pancang
- n = kolom tiang pancang

Kontrol beban maksimum dilakukan pada tiang pancang terluar. Contoh perhitungan beban maksimum pada tiang pancang akan menggunakan kombinasi beban D + 0.7 Ex.

- P = 401.02 ton
- Hx = 4.95 ton
- Hy = 2.95 ton
- Mx = 22.63 ton.m
- My = 10.54 ton.m
- N (jumlah tiang ) = 4 buah
- Tebal Poer = 1 m
- Mx total = Mx + (Hy x t poer)  
= 22.63 + 2.95 x 1  
= 25.59 ton.m
- My total = My + ( Hx x t poer)  
= 10.54 + ( 4.95 x 1)  
= 15.49 ton.m
- X max = 0.8 m
- Y max = 0.8 m

$$\begin{aligned}
 P \max &= \frac{P}{n} + \frac{My. X \max}{\sum X^2} + \frac{Mx. Y \max}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{401.02}{4} + \frac{15.49 \times 0.8}{2.56} + \frac{25.59 \times 0.8}{2.56} \\
 &= 113.099 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \left( 1 - \frac{36 \times S}{75 \times S^2 - 7} \times \left( \frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0.3}{m+n} \\
 &= \left( 1 - \frac{36 \times 0.8}{75 \times 0.8^2 - 7} \times \left( \frac{2+2-2}{2+2-1} \right) \right) + \frac{0.3}{2+2} \\
 &= 0.867
 \end{aligned}$$

P ijin dalam grup =  $\eta \times P$  ijin 1 tiang

$$= 0.867 \times 212.78$$

$$= 184.57 \text{ ton}$$

Tabel 9. 5 Rekapitulasi Beban Maksimum dalam 1 group (tipe 1)

Load Case/Combo	Jumlah tiang	Pu	Pu/n (ton)	Mx	Mx . Y / Sy <sup>2</sup>	My	My . X / Sx <sup>2</sup>	Pmax	P ijin	Kontrol
D	4	374.70	93.67	8.17	2.55	5.22	1.63	97.86	184.57	OK
D + L	4	426.17	106.54	9.75	3.05	6.18	1.93	111.52	184.57	OK
D + 0.75 L	4	413.30	103.33	9.36	2.92	5.94	1.86	108.11	184.57	OK
D + 0.7 Ex	4	401.03	100.26	25.60	8.00	15.50	4.84	113.10	184.57	OK
D + 0.7 Ey	4	398.58	99.65	18.34	5.73	21.14	6.61	111.98	184.57	OK
D + 0.75L + 0.525 Ex	4	433.05	108.26	22.42	7.01	13.65	4.27	119.54	184.57	OK
D + 0.75L + 0.525 Ey	4	431.22	107.80	16.98	5.31	17.89	5.59	118.70	184.57	OK
0.6 D + 0.7 Ex	4	251.15	62.79	22.33	6.98	13.41	4.19	73.96	184.57	OK
0.6 D + 0.7 Ey	4	248.70	62.18	15.07	4.71	19.06	5.96	72.84	184.57	OK
Env	4	433.05	108.26	23.50	7.34	21.75	6.80	122.40	184.57	OK

Tabel 9. 6 Rekapitulasi Beban Maksimum dalam 1 group (tipe 2)

Load Case/Combo	Jumlah tiang	Pu	Pu/n (ton)	Mx	Mx . Y / Sy <sup>2</sup>	My	My . X / Sx <sup>2</sup>	Pmax	P ijin	Kontrol
D	30	2148.57	71.62	138.53	2.47	764.56	15.93	90.02	201.22	OK
D + L	30	2436.08	81.20	152.75	2.73	916.39	19.09	103.02	201.22	OK
D + 0.75 L	30	2364.20	78.81	149.20	2.66	878.43	18.30	99.77	201.22	OK
D + 0.7 Ex	30	2187.25	72.91	2212.15	39.50	3531.25	73.57	185.98	201.22	OK
D + 0.7 Ey	30	1836.35	61.21	4624.04	82.57	2158.35	44.97	188.75	201.22	OK
D + 0.75L + 0.525 Ex	30	2393.21	79.77	1704.41	30.44	2343.43	48.82	159.03	201.22	OK
D + 0.75L + 0.525 Ey	30	2055.04	68.50	4078.69	72.83	1748.79	36.43	177.77	201.22	OK
0.6 D + 0.7 Ex	30	1327.82	44.26	2156.74	38.51	3837.07	79.94	162.71	201.22	OK
0.6 D + 0.7 Ey	30	1301.36	43.38	4253.64	75.96	941.74	19.62	138.96	201.22	OK
Env	30	1276.92	42.56	4186.56	74.76	3467.75	72.24	189.57	201.22	OK

Sehingga dari hasil perhitungan Tabel 9. 5 dan Tabel 9. 6 didapatkan kedalaman pondasi tiang pancang untuk pondasi tipe 1 dengan kedalaman 120 meter dan untuk pondasi tipe 2 dengan kedalaman 27 meter.

#### 9.5.4 Kontrol Kuat Tiang terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang terjadi pada tiang pancang dapat mengakibatkan adanya defleksi dan momen. Nilai defleksi maksimum mengacu pada SNI 8460-2017 pasal 9.7.3.1. Perhitungan defleksi akibat beban lateral menggunakan metode NAVFAC 1971. Dan perencanaan tiang pancang dianggap *freehead*.

$$\delta = F_{\delta} \left( \frac{PT^3}{EI} \right)$$

Dimana :

- $\delta$  : Defleksi akibat beban
- $F_{\delta}$  : Koefisien Defleksi
- $P$  : Gaya Lateral 1 tiang
- $T$  : Faktor Kekuatan 238ontrol238

Untuk mendapatkan defleksi akibat beban akan digunakan kombinasi beban  $D + 0.7Ex$  dengan poer tipe I sebagai contoh perhitungan.

- $N_{\text{tiang}}$  = 4 buah
- $H_{\text{max}}$  = 3.35 ton
- $H_{\text{max}}$  1 tiang = 0.8365 ton
- $C_u$  = 0.53 kg/cm<sup>2</sup>
- $Q_u$  = 2 x  $C_u$   
= 1.084 t/ft<sup>2</sup>

Dari grafik *immediate settlement of isolate footing* diperoleh nilai.

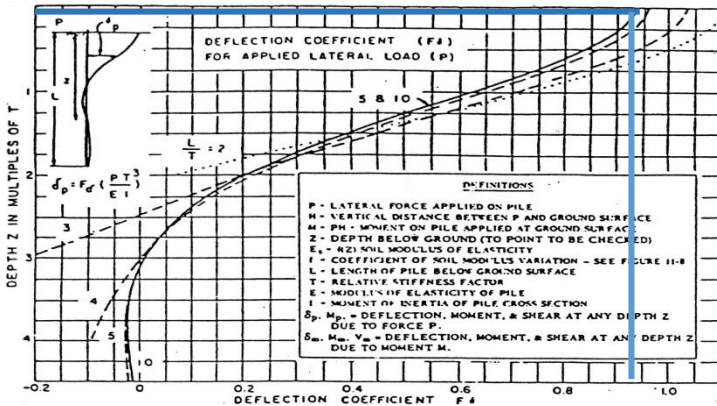
- $f$  = 10 t/ft<sup>3</sup> = 0.000353147 kg/mm<sup>2</sup>
- $E$  = 4700  $\sqrt{f'_c}$   
= 4700  $\sqrt{52}$



$$= 33892.181 \text{ Mpa}$$

- I =  $\frac{1}{64} \pi (800^4 - 680^4)$   
= 9610634582.16 mm<sup>4</sup>
- T =  $\left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$   
=  $\left(\frac{33892.18 \times 9610634582.16}{0.000353147}\right)^{\frac{1}{5}}$   
= 3843.26 mm
- Kedalaman (L) = 20 m
- L/T = 5.203

Dari grafik *influence value for laterally loaded pile* maka didapatkan nilai  $F_{\delta}$ .



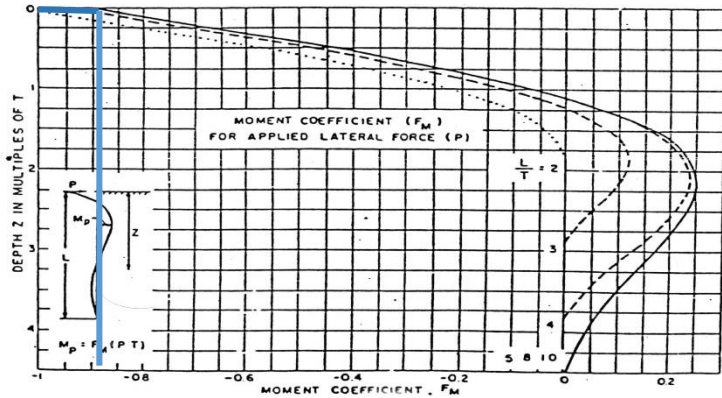
Gambar 9. 4 Grafik *influence value for laterally loaded pile*

- $F_{\delta} = 0.89$
- $\delta = F_{\delta} \left( \frac{PT^3}{EI} \right)$   
= 1.3019 mm < 25 mm (OK)

Kontrol momen yang terjadi

- $M_{\text{crack}} = 55 \text{ ton.m}$
- $L/T = 5.203$

Dari grafik *influence value for laterally loaded pile* maka didapatkan nilai  $F_m$ .



Gambar 9. 5 Grafik *Influence value for laterally loaded pile*

- $F_m = 0.88$
- $M = F_m P T$   
 $= 0.88 \times 3.846 \times 0.83$   
 $= 2.829 \text{ ton.m} < M_{\text{cr}} \text{ (OK)}$

Tabel 9. 7 Rekapitulasi Defleksi dan Momen pada Poer Tipe I

Kombinasi	Hmax 1 tiang (ton)	$\delta$ (mm)	$\delta < 2.5$	M (ton.m)	Mcr (ton.m)	Kontrol
D	0.72	1.13	OK	2.45	55	OK
D + L	0.87	1.36	OK	2.96	55	OK
D + 0.75 L	0.84	1.30	OK	2.83	55	OK
D + 0.7 Ex	1.24	1.93	OK	4.19	55	OK
D + 0.7 Ey	1.07	1.67	OK	3.62	55	OK
D + 0.75L + 0.525 Ex	1.22	1.90	OK	4.13	55	OK
D + 0.75L + 0.525 Ey	1.10	1.71	OK	3.71	55	OK
0.6 D + 0.7 Ex	0.95	1.48	OK	3.21	55	OK
0.6 D + 0.7 Ey	0.78	1.22	OK	2.64	55	OK
Env	1.22	1.90	OK	4.13	55	OK

Tabel 9. 8 Rekapitulasi Defleksi dan Momen pada Poer Tipe II

Kombinasi	Hmax 1 tiang (ton)	$\delta$ (mm)	$\delta < 2.5$	M (ton.m)	Mcr (ton.m)	Kontrol
D	0.15	0.24	OK	0.51	55	OK
D + L	0.18	0.28	OK	0.62	55	OK
D + 0.75 L	0.17	0.27	OK	0.59	55	OK
D + 0.7 Ex	2.26	3.52	OK	7.64	55	OK
D + 0.7 Ey	7.35	11.43	OK	24.84	55	OK
D + 0.75L + 0.525 Ex	1.64	2.55	OK	5.55	55	OK
D + 0.75L + 0.525 Ey	5.74	8.93	OK	19.40	55	OK
0.6 D + 0.7 Ex	2.32	3.62	OK	7.86	55	OK
0.6 D + 0.7 Ey	7.32	11.40	OK	24.77	55	OK
Env	7.57	11.78	OK	25.60	55	OK

## 9.6 Perencanaan Poer pada Kolom

Perencanaan poer direncanakan terhadap gaya geser pada penampang kritis dan perencanaan tulangan lentur akibat momen yang terjadi. Berikut adalah data perencanaan poer :

- Dimensi kolom	= 950 x 950 mm
- Diameter tiang pancang	= 800 mm
- Dimensi Poer	= 3.2 x 3.2 m
- Tebal Poer	= 1 m
- $P_u$ (kolom)	= 433.05 ton
- $P_{max}$ (1 tiang )	= 122.4 ton
- Jumlah pancang (n)	= 4 buah
- $f'_c$	= 35 Mpa
- $f_y$	= 420 Mpa
- Diameter tulangan	= 29 mm
- Selimut	= 75 mm
- dx	= 1000 – 75 – 0.5 x 29 = 910.5 mm

### 9.6.1 Kontrol Geser

- Geser akibat kolom

Poer harus mampu menyalurkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser nominal dari poer untuk memastikan geser nominal pada poer lebih besar dari geser yang terjadi akibat beban dari kolom. Perencanaan geser poer akibat kolom mengacu pada SNI2847-2013 pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non prategang, nilai  $V_c$  diambil yang paling kecil dari persamaan berikut :

$$- V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$\begin{aligned}
 - V_c &= 0.083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \\
 - V_c &= 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $\beta$  = perbandingan antar panjang dan lebar poer
- $\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, dan 40 untuk kolom interior
- $b_0$  = Keliling penampang kritis  
 $= 2 (b \text{ kolom} + d) + 2 x (h \text{ kolom} + d)$   
 $= 7442 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \\
 &= 0.17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) x 1 x \sqrt{35} x 7442 x 910.5 \\
 &= 20444373 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \\
 &= 0.083 \left( \frac{40 x 910.5}{7442} + 2 \right) 1 x \sqrt{35} x 7442 x 910.5 \\
 &= 6663385 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \\
 &= 0.33 x 1 x \sqrt{35} x 7442 x 910.5 \\
 &= 13228712.5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga perhitungan diambil nilai  $V_c$  yang paling kecil, sehingga didapatkan kapasitas geser poer adalah 6663385 N

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0.75 \times 6663385 \\ &= 4997538.75 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\phi V_c > P_u - P_{pile}$$

$$4997538.75 > (433.051 - 122.4) \times 10000$$

$$4997538.75 > 3106473.3 \quad (OK)$$

Sehingga tebal dan dimensi poer kuat terhadap geser yang diakibatkan oleh beban kolom

- Geser akibat tiang pancang

- $\beta$  = perbandingan antar panjang dan lebar poer
- $\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, dan 40 untuk kolom interior
- $b_o$  = Keliling penampang kritis  
 $= 0.25 \pi (\text{diameter} + d)^2$   
 $= 1343.3 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}V_c &= 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0.17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 1343.3 \times 910.5 \\ &= 3690601 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0.083 \left(\frac{40 \times 910.5}{1343.3} + 2\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 1343.3 \times 910.5\end{aligned}$$

$$= 9342709.17 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \\ &= 0.33 \times 1 \times \sqrt{35} \times 1343.3 \times 910.5 \\ &= 2388036.01 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga perhitungan diambil nilai  $V_c$  yang paling kecil, sehingga didapatkan kapasitas geser poer adalah 2388036.01 N

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.75 \times 2388036.01 \\ &= 1791027.01 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c > P_u - P_{pile}$$

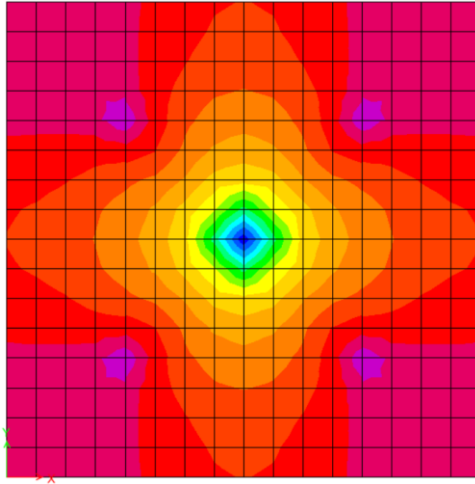
$$1791027.01 > 122.4 \times 10000$$

$$1791027.01 > 1224000 \quad (OK)$$

Sehingga tebal dan dimensi poer kuat terhadap geser yang diakibatkan oleh beban tiang pancang.

### 9.6.2 Penulangan Lentur

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan jepit pada bagian kolom. Sedangkan beban yang bekerja pada kolom menjadi beban terpusat yang mengakibatkan reaksi pada tanah di bawah pondasi dan berat poer sendiri.



Gambar 9. 6 Momen Positif dan Momen Negatif Poer Tipe 1

Dari hasil permodelan poer didapatkan

- $M_u$  positif = 1861632000 Nmm
- $M_u$  negatif = -2430000 Nmm

- Penulangan Arah X

- Tarik Arah X

- $P_{\max}$  (1 tiang) = 122.4 ton
    - N tiang = 2 buah

$$= 10.752 \text{ ton/m}$$

$$M_u = 1861632000 \text{ Nmm}$$

$$dx = \text{tebal} - \text{selimut} - 0.5 d \text{ tulangan}$$

$$= 910.5 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}\beta &= 0.85 - 0.05 \left( \frac{fc - 28}{7} \right) \\ &= 0.85 - 0.05 \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \\ &= 0.8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta \times f'c}{fy} \times \frac{600}{600 + fy} \\ &= \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \\ &= 0.025\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{0.25\sqrt{fc}}{fy} \\ &= \frac{0.25\sqrt{35}}{420} = 0.0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1.4}{fy} \\ &= \frac{1.4}{420} = 0.0033\end{aligned}$$

$$\rho_{\min \text{ pakai}} = 0.0033$$

$$Rn = \frac{Mu}{0.9 \times b \times dx^2} = \frac{1861632000}{0.9 \times 1000 \times 910.5^2} = 0.779 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 fc}{fy} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 fc}} \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 35}{420} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.589}{0.85 \times 26}} \right) = 0.0018$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$$

Sehingga digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0.00333$

As perlu :  $\rho_{\text{perlu}} \times b \times dx$

$$: 0.00333 \times 1000 \times 910.5 = 3035 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (29)} = \frac{3035}{660.51} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 5 \times A_s (29) = 3300.925 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

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

Sehingga tulangan lentur arah X dengan kondisi tarik menggunakan D29 – 200 mm

o Tekan Arah X

$$\begin{aligned} A_s \text{ tekan} &= 0.5 A_s \text{ tarik} \\ &= 0.5 \times 3035 \\ &= 1517.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (29)} = \frac{1517.5}{660.51} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 3 \times A_s (29) = 1981.55 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

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

Sehingga tulangan lentur arah X dengan kondisi tekan menggunakan D29 – 250 mm

- Penulangan Arah Y
  - Tarik Arah Y
    - $P_{\max}(1 \text{ tiang}) = 122.4 \text{ ton}$
    - $N \text{ tiang} = 2 \text{ buah}$

$$M_u = 1861632000 \text{ Nmm}$$

$$d_y = \text{tebal} - \text{selimut} - d \text{ tul} - 0.5 d \text{ tulangan}$$

$$= 881.5 \text{ mm}$$

$$\beta = 0.85 - 0.05 \left( \frac{f_c - 28}{7} \right)$$

$$= 0.85 - 0.05 \left( \frac{35 - 28}{7} \right)$$

$$= 0.8$$

$$\rho_{\max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \times \frac{600}{600 + 420}$$

$$= 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$$

$$= \frac{0.25\sqrt{35}}{420} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ min} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{420} = 0.0033\end{aligned}$$

$$\rho \text{ min pakai} = 0.0033$$

$$R_n = \frac{Mu}{0.9 x b x dx^2} = \frac{1861632000}{0.9 x 1000 x 881.5^2} = 0.831 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ perlu} &= \frac{0.85 f_c}{f_y} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 x 35}{420} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 0.589}{0.85 x 26}} \right) = 0.00207\end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu}$$

Sehingga digunakan  $\rho \text{ perlu} = 0.00333$

$$A_s \text{ perlu} : \rho \text{ perlu} x b x dx$$

$$: 0.00333 x 1000 x 881.5 = 2938.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (29)} = \frac{2938.3}{660.51} \approx 5 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pakai} : 5 x A_s (29) = 3300.925 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

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

Sehingga tulangan lentur arah Y dengan kondisi tarik menggunakan D29 – 200 mm

o Tekan Arah Y

$$\begin{aligned}A_s \text{ tekan} &= 0.5 A_s \text{ tarik} \\ &= 0.5 x 3300.92 \\ &= 1517.5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} : \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (29)} = \frac{1517.5}{660.51} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} : 3 \times A_s (29) = 1981.55 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

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

Sehingga tulangan lentur arah Y dengan kondisi tekan menggunakan D29 – 200 mm

### 9.6.3 Perencanaan Tusuk Konde

Perencanaan tusuk konde mengacu pada SNI 2847-2013, diambil rasio tulangan minimum 2% dari inner diameter tulangan pancang.

- Inner diameter =  $800 - 120 - 120 = 560 \text{ mm}$
- $A_s \text{ perlu} = 0.02 \times \frac{1}{4} \pi d^2 = 6636.6 \text{ mm}^2$
- Digunakan D29 mm sehingga,
- $A_s \text{ D29} = 660.51 \text{ mm}^2$
- $N = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ D29}}$
- $= 6636.6 / 660.51 = 11 \text{ buah}$
- $S = \pi \times \frac{560}{11} = 150 \text{ mm}$

### 9.7 Perencanaan Sloof

Struktur Sloof berfungsi untuk membuat penurunan pada pondasi terjadi secara bersama dan berfungsi sebagai pengaku antar pondasi. Gaya yang bekerja pada sloof adalah beban sloof sendiri dan beban aksial tekan maupun tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

- Dimensi sloof : 30 x 40 cm
- Luas : 1200 cm<sup>2</sup>
- $f'_c$  : 35 cm

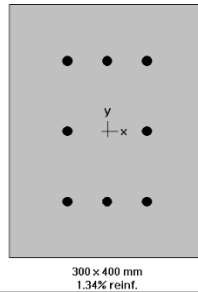
- $f_y$  : 420 Mpa
- Cover : 75 mm
- Diameter longitudinal : 16 mm
- Diameter transversal : 10 mm
- dx :  $400 - 75 - 10 - 0.5 \times 16$   
: 306.12 mm
- L : 7.5 m

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= 1.4 \times b \times h \times \gamma_{beton} \\
 &= 1.4 \times 0.3 \times 0.4 \times 2400 \\
 &= 403.2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_{ult} \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 403.2 \times 7.5^2 \\
 &= 28.35 \text{ KN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= 10\% \times P_{u \text{ kolom}} \\
 &= 10\% \times 9260 \\
 &= 926 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Kemudian beban aksial dan momen yang telah diperhitungkan kemudian dimasukkan kedalam program bantu Sp Column dan didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 9. 7 Konfigurasi tulangan pada Sloof

Dari hasil analisa dari Sp Column didapatkan struktur sloof menggunakan 8 D16 , dengan rasio tulangan sebesar 0.0134 Ag.

- Penulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} x Q_{ult} x l \\
 &= \frac{1}{2} x 403.2 x 7.5 = 15120 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{35} x 300 x 306.12 \\
 &= 90551.51 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c > V_u \quad (\text{OK})$$

Jarak sengkang

$$\begin{aligned}
 S &= d/2 \\
 &= \frac{306.12}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 153.06 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan transversal 2 D10 – 150 .



## **BAB X**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### 10.1 Umum

Konstruksi gedung dengan beton pracetakan merupakan metode konstruksi yang modern. Metode pelaksanaan dalam membangun struktur dengan metode pracetak merupakan komponen penting. Metode pelaksanaan ini adalah uraian mengenai elemen dan material material yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

#### 10.2 Pengangkatan dan Penempatan Crane

Beban elemen struktur pracetak

1. Balok Induk (B13)  
$$W = 0.6 \times (0.6 - 0.16) \times 7.5 \times 2400 = 4752 \text{ kg}$$
2. Balok Anak (BA11)  
$$W = 0.35 \times (0.45 - 0.16) \times 7.5 \times 2400 = 1827 \text{ kg}$$
3. Plat (P17)  
$$W = 2.75 \times 7.1 \times 0.11 \times 2400 = 5154.6 \text{ kg}$$
4. Kolom (K11)  
$$W = 0.95 \times 0.95 \times 4 \times 2400 = 8664 \text{ kg}$$

Sehingga didapatkan beban maksimal yang harus diangkat oleh *crane* adalah kolom K11 dengan beban 8664 kg. Dalam pengangkatan elemen pracetak harus meninjau hal hal sebagai berikut :

1. Kemampuan dari crane yang dipakai
2. Metode pengangkatan elemen pracetak
3. Letak titik – titik angkat pada elemen pracetak.

Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan dengan tower crane yang ada dan beban maksimum yang akan diangkat. Berikut adalah spesifikasi tower crane.

1. Perusahaan Tower Crane : ZZF Indonesia Tower Crane.
2. Jenis Crane :QTZ160(6024)
3. Bentang maksimum : 40 m
4. Beban maksimum : 10 ton
5. Jumlah Tower Crane : 2 Buah

### 10.3 Transportasi Elemen Beton Pracetak

Tahap pemindahan elemen pracetak dari lokasi fabrikasi ke area proyek memerlukan sarana transportasi seperti truck trailer. Dimana truck trailer harus mampu mengangkut elemen ptacetak berukuran minimal 7.5 m X 2.85 m dengan kapasitas minimal 25 ton.

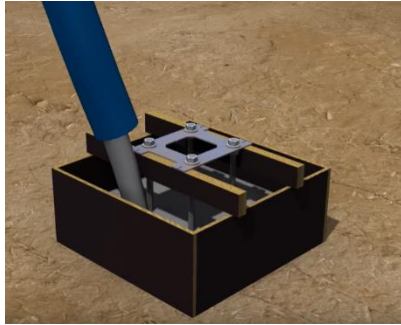
### 10.4 Metode Pelaksanaan Elemen Pracetak

#### 10.4.1 Pemasangan Kolom pracetak

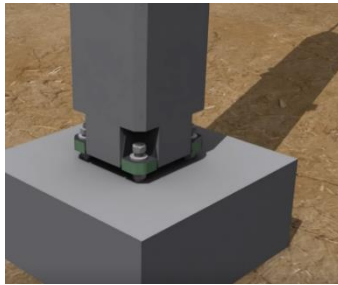
Pemasangan bolt achor pada base plate dilakukan secara bersamaan dengan pengecoran pile cap. Dan kemudian kolom pracetakan di baut pada PPL achor bolt yang sudah terpasang pada base plate. Kemudian sambungan kolom di grouting



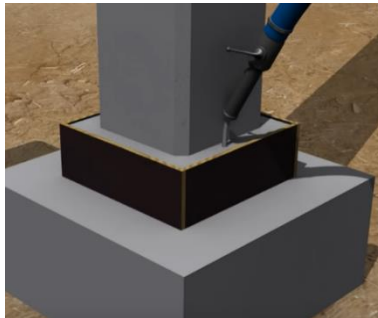
Gambar 10. 1 PPL Anchor Bolt



Gambar 10. 2 Pengecoran pada base plate dan penanaman Anchor Bolt



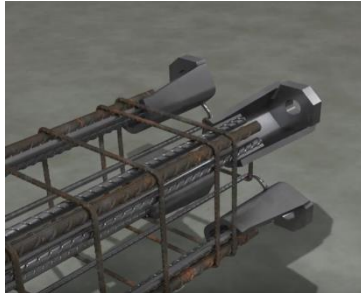
Gambar 10. 3 Pemasangan Kolom pada Base Plate



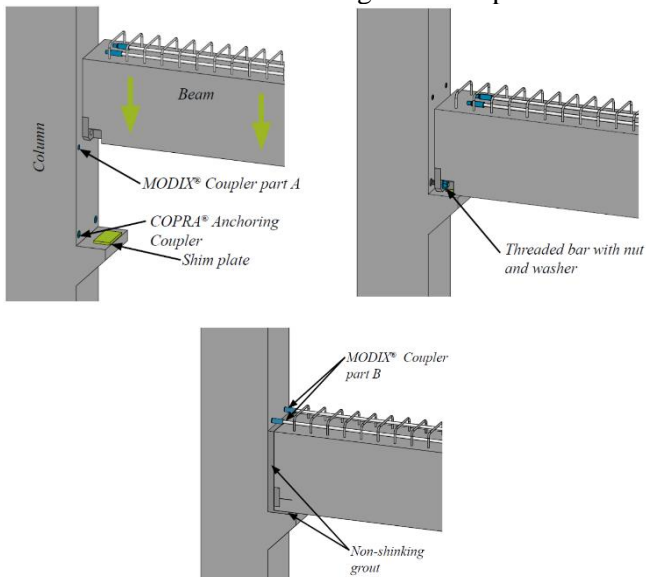
Gambar 10. 4 Grouting pada sambungan Kolom dan Base Plate

#### 10.4.2 Pemasangan Balok Pracetak pada Kolom

Balok induk akan diletakkan pada konsol kolom ada kemudian dibaut dengan sambungan BECO dan Copra kemudian dipasang tulangan tarik utama pada balok



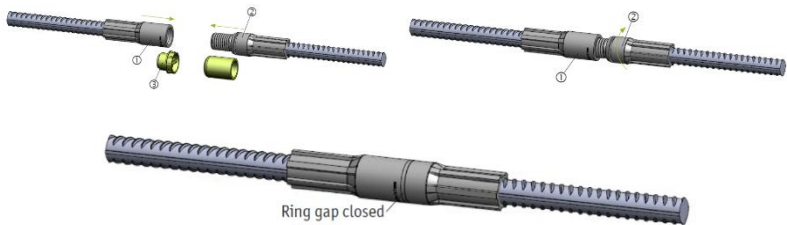
Gambar 10. 5 Sambungan BECO pada Balok



Gambar 10. 6 Ilustrasi sambungan pada Balok induk

### 10.4.3 Pemasangan Balok Anak pada Balok Induk

Pemasangan balok anak pada balok induk memiliki kemiripan dengan sambungan balok induk pada kolom. Balok anak akan menumpu pada konsol balok induk dan kemudian akan dibaut dengan Modix Coupler.



Gambar 10. 7 Sambungan pada balok anak pada balok induk

### 10.4.3 Pemasangan Plat pada Balok Induk

Pemasangan plat pracetak diletakkan di atas balok induk dan di atas balok anak, dan kemudian dipasang tulangan atas pada plat dan tulangan atas pada balok anak dan balok induk.

Setelah semua tulangan sudah terpasang maka akan dilakukan pengecoran overtopping setebal 5 cm. Overtopping berfungsi untuk merekatkan plat dengan balok anak dan balok induk agar menjadi monolit.

“Halaman sengaja dikosongkan”

## **BAB XI PENUTUP**

### 11.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa data sebagai berikut

1. Mengacu pada SNI 2847-2013, didapatkan hasil perhitungan dari dimensi dari elemen pracetakn dan elemen non pracetak , Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 11. 1 dan Tabel 11. 2.

Tabel 11. 1 Rekapitulasi Dimensi Struktur Sekunder

Struktru Sekunder		
Elemen	Ukuran	Satuan
Plat	16	cm
Balok Anak		
BA11	350 x 450	mm
BA12	350 x 450	mm
BA13	350 x 450	mm
Balok Kantilever		
BL11	350 x 400	mm
BL12	350 x 400	mm
BL13	350 x 400	mm
Tangga		
Plat tangga	14	cm
Plat bordes	14	cm

Tabel 11. 2 Rekapitulasi Dimensin Struktur Primer

Struktur Primer		
Elemen	Ukuran	Satuan
Balok Induk		
B11	400 x 600	mm
B12	400 x 600	mm
B13	500 x 650	mm
B14	400 x 600	mm
B15	400 x 600	mm
B16	400 x 600	mm
Kolom		
K11	950 x 950	mm
K12	800 x 800	mm
K13	700 x 700	mm
Shear wall		
Tebal	27	cm
Tiang pancang		
Diameter	800	mm
Kedalaman (Tipe 1)	20	m
Kedalaman (Tipe 2)	27	m
Poer		
Tipe 1	3.2 x 3.2 x 1	m
Tipe 2	8 x 9.6 x 1.2	m

- Analisa struktur gedung Apartemen 15 lantai menggunakan program bantu ETABS 2016. Data data gempa diperoleh dari [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) untuk wilayah gempa Surabaya dan perhitungan mengacu pada SNI 1726-2012.



3. Beban beban struktur mengacu pada SNI 1727-2013 untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati. Beban yang diterima oleh struktur adalah beban mati , beban hidup dan beban gempa.
4. Sambungan pada elemen pracetak menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu dengan menggunakan sistem *bolt connection* dan *anchor bolt and coupler*. Sambungan balok kolom menggunakan tipe *BECO Beam Shoe* dan *Copra Anchoring* direncanakan monolit dengan panjang penyaluran mengacu pada SNI 2847-2013. Dan untuk sambungan balok anak dengan balok induk menggunakan sambunga tipe *Modix Rebar Coupler*.
5. Semua elemen pada struktur dirancang pracetak kecuali *shear wall*, pile cap dan sloof untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan
6. Pondasi direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang tipe spun pile yang merupakan produk dai PT.WIKA Beton dengan menggunakan metode tengann ijin dan pile cap menggunakan metode ultimate.
7. Hasil dari analisa struktur yang telah dilakukan kemudian dituangkan pada gambar teknik dengan bantuan program bantu Auto Cad 2017.

## 11.2 Saran

Berdasarkan dari hasil analisa penulis adapun saran dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penggambaran sambungan dalam sistem beton pracetak sangatlah penting. Sehingga penggambaran dengan hasil tiga dimensi sangatlah dibutuhkan, agar kita mengetahui apakah sambungan dapat dilaksanakan atau tidak.
2. Pada saat pengangkatan elemen pracetak baik dari pabrik ke truck maupun dari truck ke site diperlukan pengawasan yang ketat terutama dibagian sudut pengangkatan agar

tidak terjadi kegagalan saat pengangkatan. Dan juga saat sambungan harus diawasi dengan ketat sehingga dapat mencapai sambungan monolit dan beton overtopping harus dirawan dengan baik agar tidak terjadi retak yang dapat mengurai kekuatan beton.

3. Kedepannya diharapkan elemen dinding geser dapat menggunakan sistem pracetak jika memenuhi syarat yang berlaku.
4. Diperlukan penelitian dan analisa lebih terhadap sambungan antar elemen pracetak, karena analisa yang digunakan oleh penulis hanya menggunakan kekuatan aksial yang tertera pada brosur.

## Daftar Pustaka

- ACI. *ACI 318M-14 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE*. U.S.A : American Concrete Institute.
- Adimas, Bagus. 2013. *Analisis Desain Sambungan Balok Kolom Sistem Pracetak Untuk Ruko Tiga Lantai*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Ali. Affandi M. 2004 . *Perbedaan sistem konvensional dengan sitem pracetak* [http //www.ilmusipil.com](http://www.ilmusipil.com)
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 7832 - 2012 Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Charles Arista Poegoeh. *Studi Analisis Sambungan Balok-Kolom Beton Pracetak dengan Program Bantu LUSAS ( London University Stress Analysis System)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopmeber. Surabaya.

- Elliot, Kim S.. 2002. *Precast Concrete Structure*. India : Butterwoth Heinemann
- Fathalizadeh, A. (2017). *Introducing two most common types of shear walls and their construction methods*. Journal of Civil Engineering Researchers, 1(1), 8–12.
- Iswandi. 2014 . *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Iqbal Albana Akbar, 2018, *Desain Modifikasi Struktur Gedung Hotel Swiss Belinn dengan Metode Beton Pracetak menggunakan Sambungan Basah Berdasarkan Standard ACI 318M-14*.
- Hendrawan Wahyudi, Hery Dwi Hanggoro. 2010. *Perencanaan Struktur Gedung BPS Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Beton Pracetak*.
- Novdin M Sianturi, 2012. *Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak pada Pembangunan Gedung*.
- Pantazopoulou, S.J. dan Imran, I. (1992), “*Slab-Wall Connections Under Lateral Forces*”, ACI Structural Journal, V.89, No.5, pp. 515-527.
- PCI. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 5th Edition. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
- Peikko Group. 2015. HPKM Column Shoe Technical Manual. Lahti, Finland

- Putu Bagus, Ida Bagus, Dharma Putra. 2015 . Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Tanpa dan dengan Dinding Geser Beton Bertulang
- Raja Parulian Purba, Zulfikar Djauhari, Reni Suryanita. 2016. *Kinerja Struktur Gedung Beraturan Dual System menggunakan Direct Displacement Based Design dan Capacity Spectrum Method*. Universitas Riau. Riau
- Siti Rahmatika. 2016 . *Analisa Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Oil Storage Tank pada Proyek Pembangunan Terminal Transit BauBau di Sulawesi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Widya Desni Sitorus, Sutrisno. 2016 . *Analisa Dimensi dan Tulangan Pelat Lantai pada Ruko R1- Gabung No., 18, 20, 26, 28, 30, 32 dan 36 Bangunan Citraland Bagya City Medan*.

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

**LAMPIRAN**







## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

### REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

**KLIEN : DARDELA YASA GUNA**  
**PROYEK : PEMBANGUNAN JALAN TRAM**  
**LOKASI : JL. BASUKI RAHMAT - JL. GUBERNUR SURYO (DEPAN TUNJUNGAN PLAZA)**

**TITIK BOR : BH-8**  
**MASTER BOR : OSIAS TENIS**

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.549	1.468	100.00	57.59	59.48	1.628	1.033	1.628	*	*	*
-15.00	2.684	1.352	100.00	50.37	57.48	1.716	1.141	1.716	*	*	*
-22.50	2.553	0.846	100.00	33.14	45.83	1.841	1.383	1.841	*	*	*
-30.00	2.618	1.173	100.00	44.81	53.98	1.745	1.205	1.745	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	$\phi$	C <sub>u</sub>	$\phi_u$	C <sub>d</sub>	$\phi_d$	Su	Cu	
-7.50	0.00	25.24	74.76	67.35	30.26	37.09	*	*	0.59	0	*	*	*	*	*
-15.00	0.00	20.35	79.65	70.19	32.44	37.75	*	*	0.53	0	*	*	*	*	*
-22.50	5.22	82.72	12.06	NP	NP	NP	0	36	*	*	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	74.68	25.32	54.78	29.37	25.41	*	*	1.34	0	*	*	*	*	*

<b>REMARK</b>	G = Gravel (%) S = Sand (%) S + Cl = Silt + Clay (%)  e = Void ratio Gs = Specific Gravity n = Porosity (%) Sr = Degree of saturation (%) Wc = Water content (%) $\gamma_t$ = Moisture density (gr/cc) $\gamma_{sat}$ = Saturated density (gr/cc) $\gamma_d$ = Dry density (gr/cc)	LL = Liquid Limit (%) PL = Plastic Limit (%) IP = Plastic Index (%)  Cc = Compression Index Cv = Compression of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det) Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> ) * = Not test  k = Coeficient of permeability (cm/sec)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> ) C <sub>d</sub> = Drained cohesion triaxial test(kg/cm <sup>2</sup> ) C <sub>u</sub> = Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> ) Su = Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> ) $\phi$ = Angle of internal friction direct shear test (degree) $\phi_d$ = Angle of internal friction drained triaxial test (degree) $\phi_u$ = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
---------------	---	--	---

# TECHNICAL MANUAL



## BECO<sup>®</sup> Beam Shoe

Effective Bolted Beam-to Column Connections

# BECO® Beam Shoe

## For bolted beam-to-column connections

- Enables to create continuous precast beam system
- Quick, easy and cost-efficient erection of the beam
- No welding during assembly stage

BECO® Beam Shoes are construction products used to create cost-effective, moment-resisting connections between precast concrete columns and precast concrete beams.

The Beam-to-column Connection is made by Beam Shoes and Coupler Systems. The Beam Shoes are casted into precast concrete beams, while Anchoring Couplers are casted into columns. On the construction site the beams are erected on corbels, adjusted to the correct positions and fixed to the Anchoring Couplers with the help of threaded bars. The joint between beam and column should be grouted before loading the beam. After grout is hardened, the joint works as reinforced concrete structure.

BECO® Beam Shoes are used together with COPRA® Anchoring Couplers.

The BECO® Beam Shoe is designed according to Eurocode 2 and Eurocode 3.





1.3 Other properties

BECO® Beam Shoes are made of steel plates and reinforcing bars with the following material properties:

<b>Steel plates</b>	S355J2+N	EN 10025-2
<b>Ribbed bars</b>	B500B	EN 10080

Peikko Group’s production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals by various independent organizations.

The products bear the inspection mark, the emblem of Peikko Group, the type of product, and the year and week of manufacturing.

Figure 10. Dimension [mm] of the BECO® beam shoe.

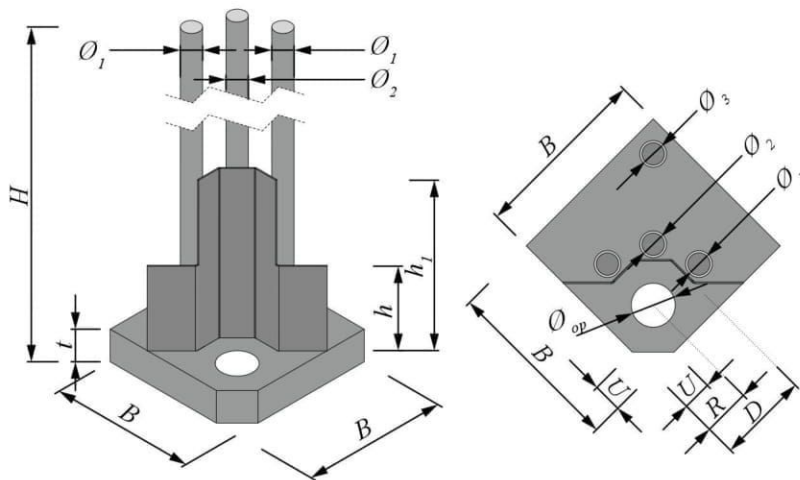


Table 1. Dimensions [mm], weights [kg], and color codes of Beam Shoes.

Beam Shoe	BECO® 16H	BECO® 20H	BECO® 24H	BECO® 30H	BECO® 39H	BECO® 30P	BECO® 36P	BECO® 39P	BECO® 45P	BECO® 52P
<i>B</i>	115	125	140	150	190	160	200	225	260	290
<i>H</i>	925	1080	1220	1620	2240	1850	2320	2100	2390	3130
<i>t</i>	15	20	25	35	45	40	50	50	60	80
<i>R</i>	50	50	50	50	60	50	60	60	60	60
<i>U</i>	30	30	30	30	37	30	37	37	37	37
<i>D</i>	80	80	85	90	115	90	110	115	125	130
<i>h</i>	80	90	90	100	130	100	110	130	125	150
<i>h1</i>	145	160	165	185	225	185	215	225	245	295
<i>O<sub>1</sub></i>	12	16	20	25	32	28	32	28	32	40
<i>O<sub>2</sub></i>	-	-	-	-	-	-	-	28	32	32
<i>O<sub>3</sub></i>	10	12	16	20	28	20	28	28	32	32
<i>O<sub>op</sub></i>	27	30	35	40	55	40	50	55	60	70
<b>Weight</b>	3.5	6.2	10.3	19.6	43.9	27.0	47.2	52.0	79.6	133.3
<b>Color code*</b>	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. If beam shoes are used in poor bond conditions, please contact Peikko’s Customer Engineering Service for custom design.

## 2. Resistances

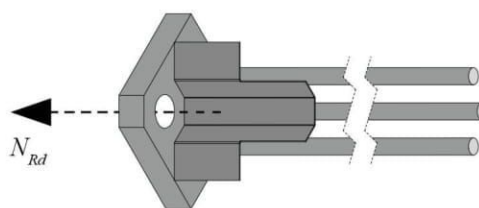
The resistances of BECO® Beam Shoes are determined by a design concept that makes reference to the following standards:

- EN 1992-1-1:2004/AC:2010
- EN 1993-1-1:2005/AC:2009
- EN 1993-1-8:2005

BECO® Beam Shoes are designed to withstand tensile forces corresponding to the design value resistances of COPRA® Anchoring Couplers. The maximum design value resistances of individual BECO® Beam Shoes are given in Table 2.

Table 2. Design value resistances of individual BECO® Beam Shoes for concrete grade C30/37.

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



\* See the section entitled “Selecting connection components” for more information about product code of COPRA®

The maximum resistance of BECO® Beam Shoes is based on the tensile resistance of the COPRA® Anchoring Couplers  $N_{Rd}$ .

### 2.1 Fire resistance

The concrete cover of the anchoring coupler and the anchor bars of the beam shoes should be at least equivalent to the concrete cover of the reinforcement of the precast beam elements. If the fire resistance of the beam shoe connection is judged to be insufficient, the concrete cover of the beam shoe must be increased by increasing the dimensions of the precast beam or placing BECO® Beam Shoe more inside if the size of the cross section allows it.

## Selecting BECO® Beam Shoe

The following aspects must be considered when designing the column-beam connection using BECO® Beam Shoes and COPRA® Anchoring Couplers:

- **Resistance**
- **Position and arrangement of the beam shoes**
- **Properties of the concrete column**

### Resistance:

External forces (dead load, vertical load) acting on the precast beam generate a bending moment. Distribution of forces as shown in *Figure 5* leads to normal forces acting on the connection. The normal forces must be determined within the global analysis of the structure in accordance with relevant design standards. Appropriate models of beam shoe and anchoring coupler are selected to ensure that they have sufficient resistance compared to the design value of tensile force in the connection (see *Table 2*).

### Design example:

- Tensile force in connection (per beam shoe)  
 $N_{Ed} = 356.0 \text{ kN}$

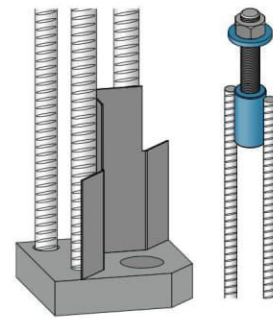
### Selected anchoring coupler and beam shoe:

- Beam Shoe **BECO® 39H**
- Anchoring coupler **COPRA® 39H-...**
- Resistance element  $N_{Rd} = 383.4 \text{ kN}$

$$N_{Ed} < N_{Rd}$$

$$356.0 \text{ kN} < 383.4 \text{ kN}$$

Figure 11. BECO® Beam Shoe and COPRA® Anchoring Coupler.



### Position and arrangement of the beam shoes

The beam shoes are cast into the end part of the concrete beam and in the corners of the cross-sections of the concrete beam. At least two beam shoes need to be used in connection for half-precast concrete connections (*Figure 8*). In normal precast connections, it is recommended to use at least four beam shoes at each end of the beam.

The minimum dimensions of the concrete beam and distances between couplers are in *Table 3* and *Table 4*. Fire resistance, environmental conditions and placement of main reinforcement must be considered when defining dimensions of structures. If minimum distances are not met, please contact Peikko's Customer Engineering Service.

Table 3. Minimum dimensions of concrete beams.

Beam	BECO® 16H	BECO® 20H	BECO® 24H	BECO® 30H	BECO® 39H	BECO® 30P	BECO® 36P	BECO® 39P	BECO® 45P	BECO® 52P
$a_{b,min}$	240	260	290	310	390	330	410	460	530	590
$b_{b,min}$	240	260	290	310	390	330	410	460	530	590

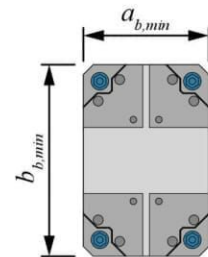
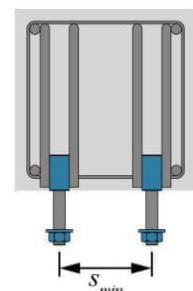


Table 4. Minimum distance between COPRA® Anchoring Couplers in column.

Beam	BECO® 16H	BECO® 20H	BECO® 24H	BECO® 30H	BECO® 39H	BECO® 30P	BECO® 36P	BECO® 39P	BECO® 45P	BECO® 52P
$s_{min}$	140	160	190	210	270	230	290	340	410	470

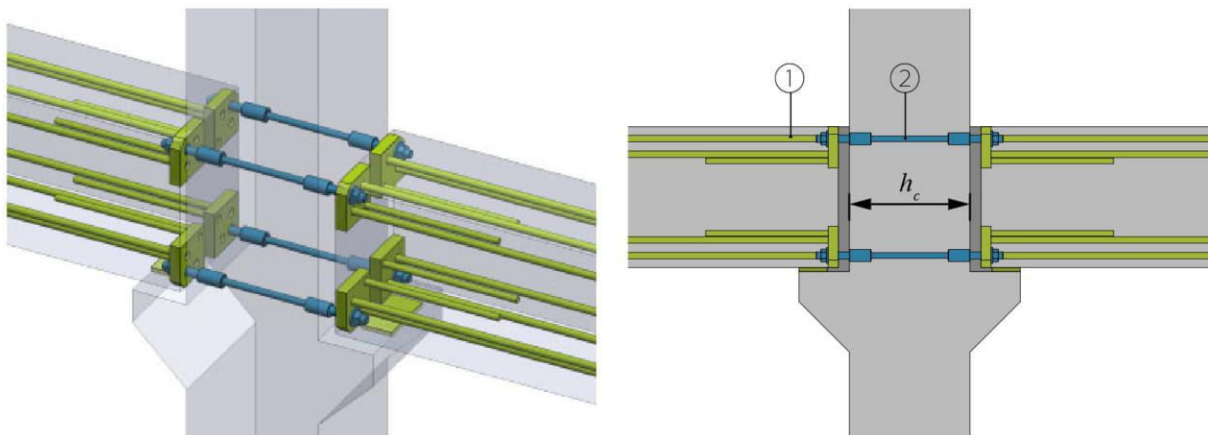




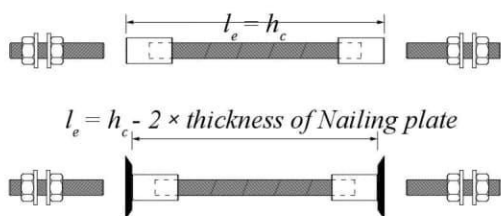
## Properties of the connection

- **Double-sided solution**

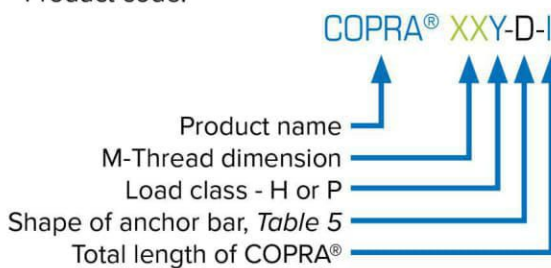
For double-sided connections, COPRA® is symmetric and consists of two threaded muffs connected with a threaded bar (see the figure below).



Used COPRA® Anchoring Couplers:



Product code:



Example: COPRA® 39H-D-600

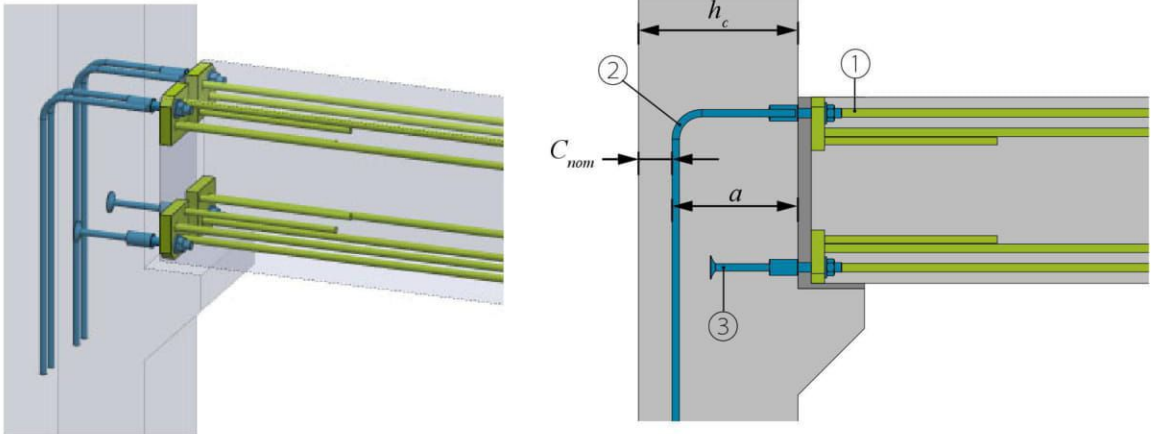
**System product code:**

**1. BECO® 39H 2. COPRA® 39H-D-600**

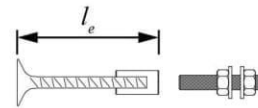
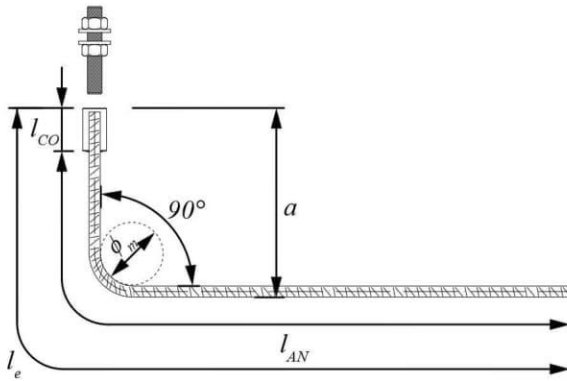
**NOTE:** Nailing plates should be taken into account only in cases where they are used. More information can be found in COPRA® Technical manual.

• Single-sided solutions

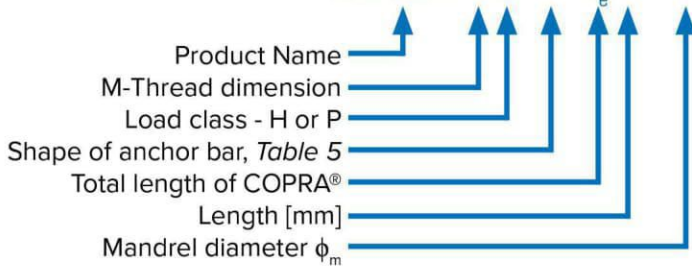
For single-sided connections, COPRA® consists of one threaded muff and an anchorage part. The standard types of single-sided COPRA® Anchoring Coupler are shown in the figure below.



Used COPRA® Anchoring Couplers:



Product code: COPRA® **XXY-P12-l<sub>e</sub>** (a-(dXX)\*)



Product code: COPRA® **XXY-L-l<sub>e</sub>**



Example: COPRA® 39H-L-430

\* Mandrel diameter must be defined only if value differs from minimum requirements of EN 1992-1-1 section 8.3

$$a \geq a_{min}$$

$$l_e = l_{CO} + l_{AN}$$

$l_{CO}$  - length of coupler (table below)  
 $l_{AN}$  - anchor length of bar acc. EN 1992-1-1.





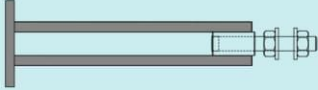

	$a_{min}$	$l_{CO}$		$a_{min}$	$l_{CO}$
COPRA® 16H	205	48	COPRA® 30P	315	90
COPRA® 20H	255	60	COPRA® 36P	365	108
COPRA® 24H	315	72	COPRA® 39P	375	120
COPRA® 30H	395	90	COPRA® 45P	430	135
COPRA® 39H	490	120	COPRA® 52P	570	160

Example: COPRA® 39H-P12-1050(570)

System product code:

1. BECO® 39H 2. COPRA® 39H-P12-1050(570) 3. COPRA® 39H-L-430

Table 5. End types & bending shapes of COPRA® Anchoring Coupler. Shape codes acc. to EN ISO 3766.

	P - Straight end		D - Double sided		L - Headed stud
P		D		L	
P12					

**NOTE:** P, D or L letters describe end type of anchor bar, but numbers after letter - bending shape.

## Appendix A – Supplementary reinforcement

### Supplementary reinforcement

Transverse reinforcement must be provided for the beam in the zones where the anchorage bars overlap the main reinforcement of the beam according to the principles of EN 1992-1-1. Stirrups must be provided in addition to shear reinforcement of the beam. The diameter ( $d_{st}$ ), the number ( $n$ ), and the position of the stirrups should be determined according to Table 6 and Figure 12.

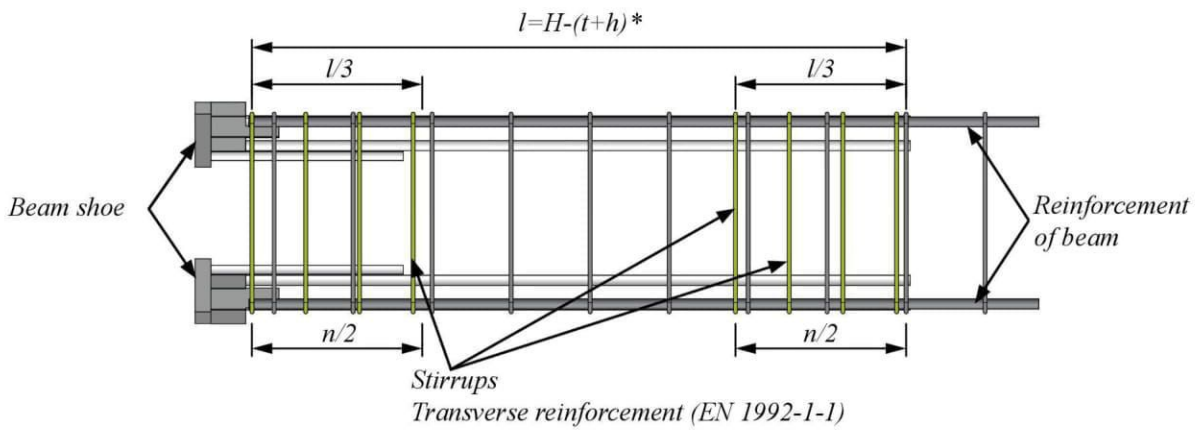
Table 6. Design of transverse reinforcement.

	BECO® 16H	BECO® 20H	BECO® 24H	BECO® 30H	BECO® 39H	BECO® 30P	BECO® 36P	BECO® 39P	BECO® 45P	BECO® 52P
$d_{st}$ [mm]	-	-	10	12	14	12	14	14	14	16
$n$	-	-	8	10	12	10	12	12	16	18

Shear reinforcement according EN 1992-1-1 chapter 9 is required.

Figure 12. Transverse reinforcement in the overlap zone.

Side view:



\* Dimensions are according Table 1.

Cross section view:

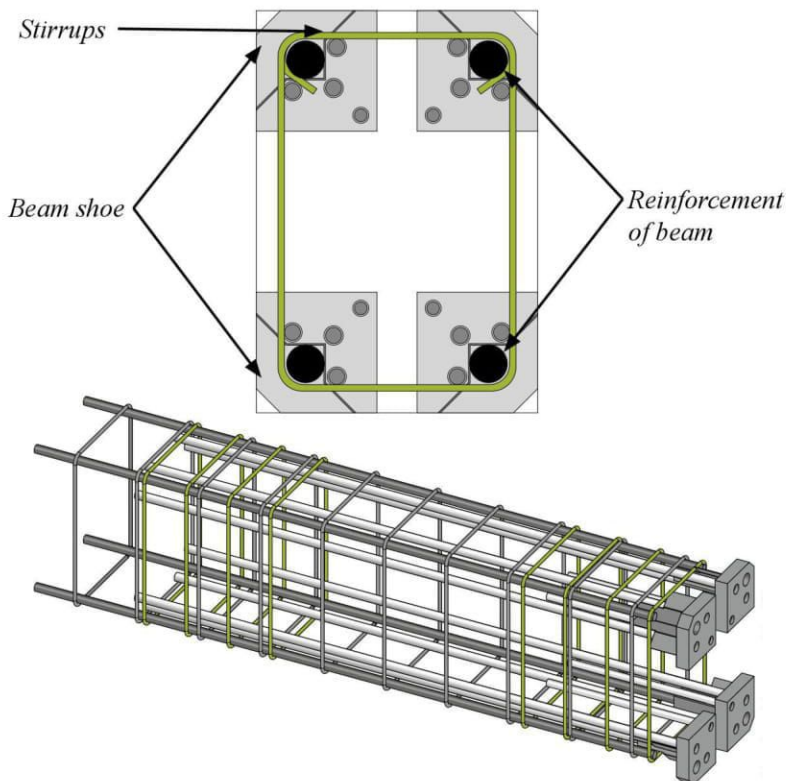
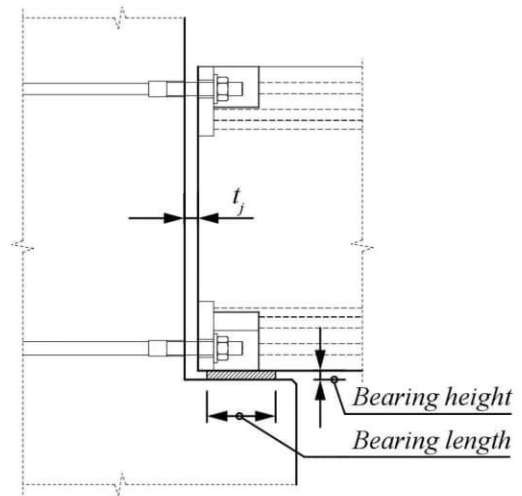


Table 8. Recommendations for tolerances.

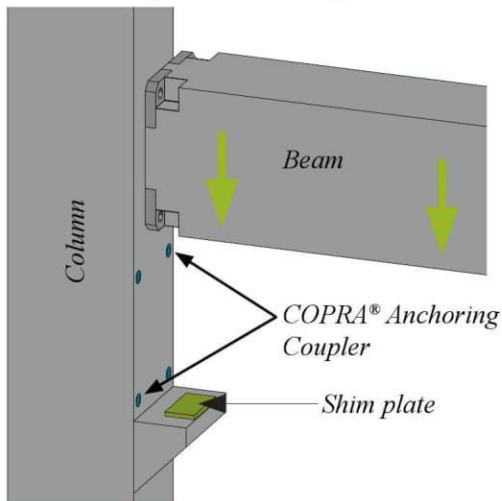
Beam Shoe	Anchoring Coupler	Joint thickness $t_j$ [mm]	Tolerance of the joint [mm]
BECO® 16H	COPRA® 16H	20	± 5
BECO® 20H	COPRA® 20H	20	± 5
BECO® 24H	COPRA® 24H	20	± 5
BECO® 30H	COPRA® 30H	20	± 5
BECO® 39H	COPRA® 39H	20	± 8
BECO® 30P	COPRA® P30	20	± 5
BECO® 36P	COPRA® 36P	20	± 7
BECO® 39P	COPRA® 39P	20	± 8
BECO® 45P	COPRA® 45P	20	± 7
BECO® 52P	COPRA® 52P	20	± 9



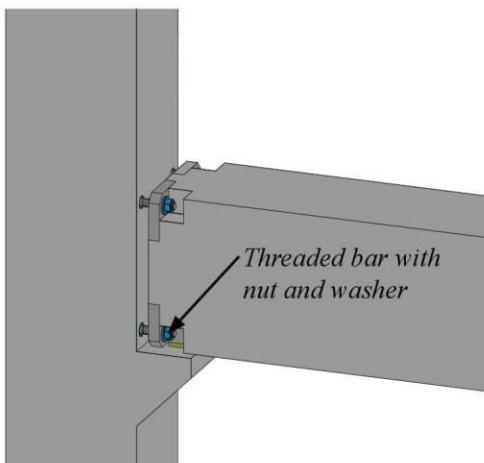
For alternative joint thickness solutions, please contact Peikko's Customer Engineering Service.

**Erection of a precast concrete beam with beam shoes step by step.**

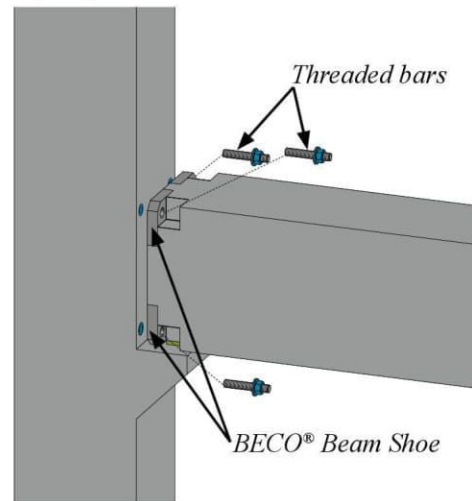
Install the beam on pre-leveled shim plates.



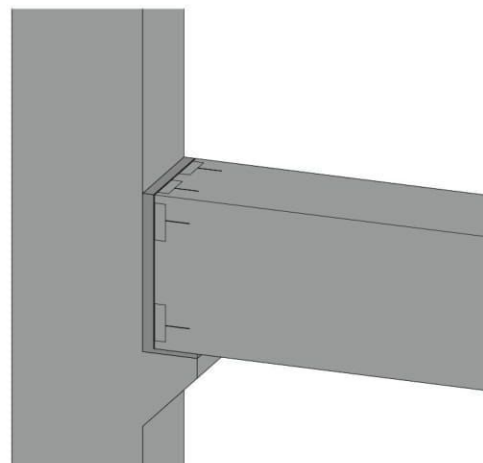
Screw the nuts, washers and threaded bars on and tighten them.



Insert the threaded bars with washers and nuts through the base plates into the coupler parts of the anchoring couplers.



The connection is finalized after the grout has hardened.



# TECHNICAL MANUAL



## COLIFT Mounting System

Safe and Time-Saving Lifting of Precast Columns

Version: PEIKKO GROUP 12/2017



# COLIFT Mounting System

## for precast concrete elements

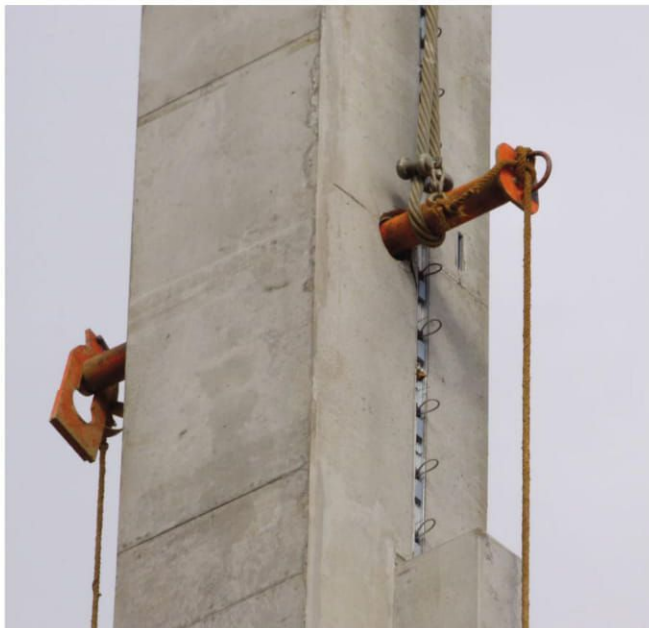
- Fast and secure mounting of precast concrete elements
- Can be remotely released with a cord
- CE marking
- Standardized mounting system for various load levels
- Minimum need for maintenance

The COLIFT Mounting System is designed for easy and time-saving lifting and handling of precast concrete elements such as columns or precast beams. The mounting system can be remotely released with a cord.

The COLIFT Mounting System is labeled and CE-marked according to the Machinery Directive 2006/42/EC.

The system consists of a mounting shaft with a slip guard and a rope strut and serves as a mounting device for lifting, moving, and placing precast concrete elements. By attaching a releasing cord to the slip guard, the system can be remotely released after securing the element in place.

*Related lifting slings, wires, and cords are not part of the COLIFT Mounting System delivery.*



## 1. Product properties

The COLIFT Mounting System is designed for lifting and handling of precast concrete columns or beams on the construction site. The design of the COLIFT Mounting System follows the requirements defined by the European Machinery Directive 2006/42/EC.

The COLIFT Mounting System is intended for lifting and tilting up concrete elements from the ground. It can also be used simultaneously in pairs for lifting long and heavy beams. The remote function of the COLIFT Mounting System enables the lifting device to be released from ground level without requiring an additional elevated working platform. The system's versatility makes it possible to attach it to precast elements of various dimensions and to use different types of slings.

### COLIFT Mounting System introduction

The COLIFT Mounting System consists of the following main parts:

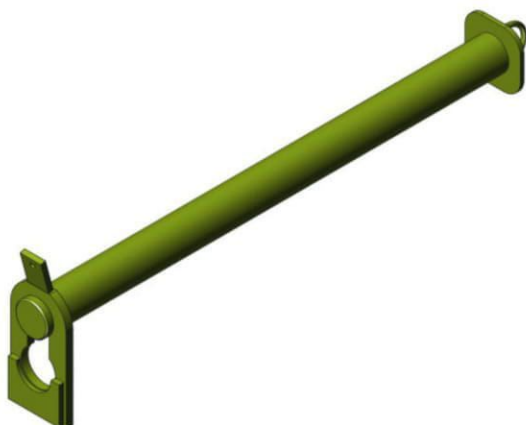
- Mounting shaft
- Slip guard
- Rope strut
- Slings (customer selection)

The mounting shaft (*Figure 2*) is installed in a hole in the precast element and it transfers the weight of the precast element to the slings. The mounting shaft is available in four standard models offering different safe working load ranges.

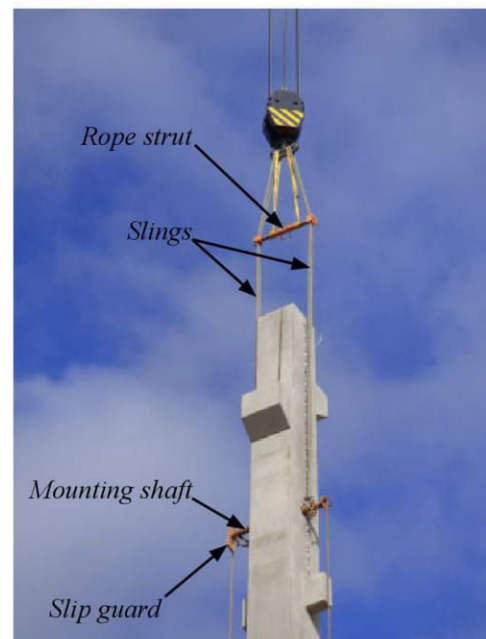
The slip guard secures the position of the slings on the mounting shaft and allows remote disassembling of the system from the precast element. After removing the slip guard with the attached cord, the mounting shaft can be pulled out from the precast element.

The rope strut (*Figure 3*) is attached to the lifting slings, ensuring that the slings are always vertical and do not touch the precast element. The rope strut enables the precast column to be tilted up. The distance of the slings from the precast element can be adjusted using a threaded rope holder. The rope strut also transfers compressive load from the inclined legs of the slings. The rope struts are available in three models and selected according to the dimensions of the lifted item. They can be combined with all four mounting shaft models.

*Figure 2. Mounting shaft with slip guard.*



*Figure 1. Assembled COLIFT Mounting System.*



*Figure 3. Rope strut.*



## 1.1 Material properties and quality

The COLIFT Mounting System's parts are produced from special steel according to *Table 1*:

*Table 1. Materials of the COLIFT Mounting System.*

<b>Mounting shaft</b>	Alloy steel	EN 10083-3
<b>Slip guard</b>	Structural steel	EN 10025-2
<b>Rope strut</b>	Structural steel	EN 10025-2
<b>End plate</b>	Structural steel	EN 10025-2
<b>Nuts</b>	Carbon steel	EN ISO 898-1

The COLIFT Mounting System is supplied with standard primer rust protection.

Peikko Group's production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals issued by various organizations, including VTT Expert Services, Nordcert, SLV, TSUS, and SPSC.

## 1.2 Dimensions and weights of system components

The dimensions of the standard models of COLIFT Mounting System are in *Table 2* and *Table 3*.

*Table 2. Dimensions of the mounting shaft and slip guard.*

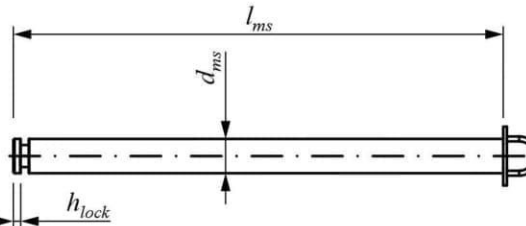
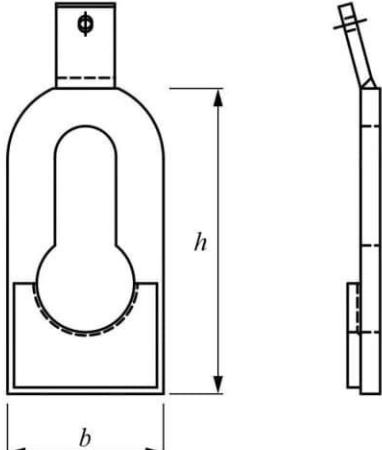
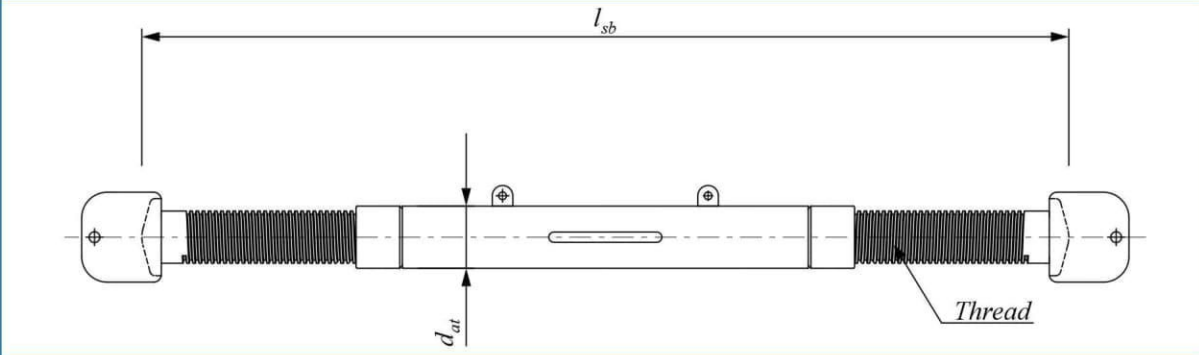
		Mounting shaft		Slip guard	
					
	<b>Unit</b>	<b>MW d70</b>	<b>MW d90</b>	<b>MW d115</b>	<b>MW d140</b>
$d_{ms}$	mm	70	90	115	140
$l_{ms}$	mm	1200	1400	1800	2000
$h_{lock}$	mm	15	18	23	33
$h$	mm	307	364	438	470
$b$	mm	170	190	220	240
<b>Mounting shaft</b>	kg	39	73	153	247
<b>Slip guard</b>	kg	5.9	9.4	15.3	22.3

Table 3. Dimensions of the rope strut.



	Unit	PS 01	PS 02	PS 03
$d_{at}$	mm	121	121	121
Thread		M100 × 12	M100 × 12	M100 × 12
$l_{sb,min}$	mm	1124	824	624
$l_{sb,max}$	mm	1804	1204	904
Weight	kg	73	61	54

\* The rope strut can be combined with every mounting shaft model.



**NOTE:**

Standard delivery for each COLIFT Mounting System includes a mounting shaft, a rope strut, and a slip guard. Lifting slings and connecting ropes are not supplied by Peikko.



**WARNING:**

All parts of the COLIFT Mounting System produced by Peikko Group are intended only for the purposes stated in this technical manual. Never use any part of the mounting system for other purposes.

### 1.3 Standard safe working load for the COLIFT Mounting System

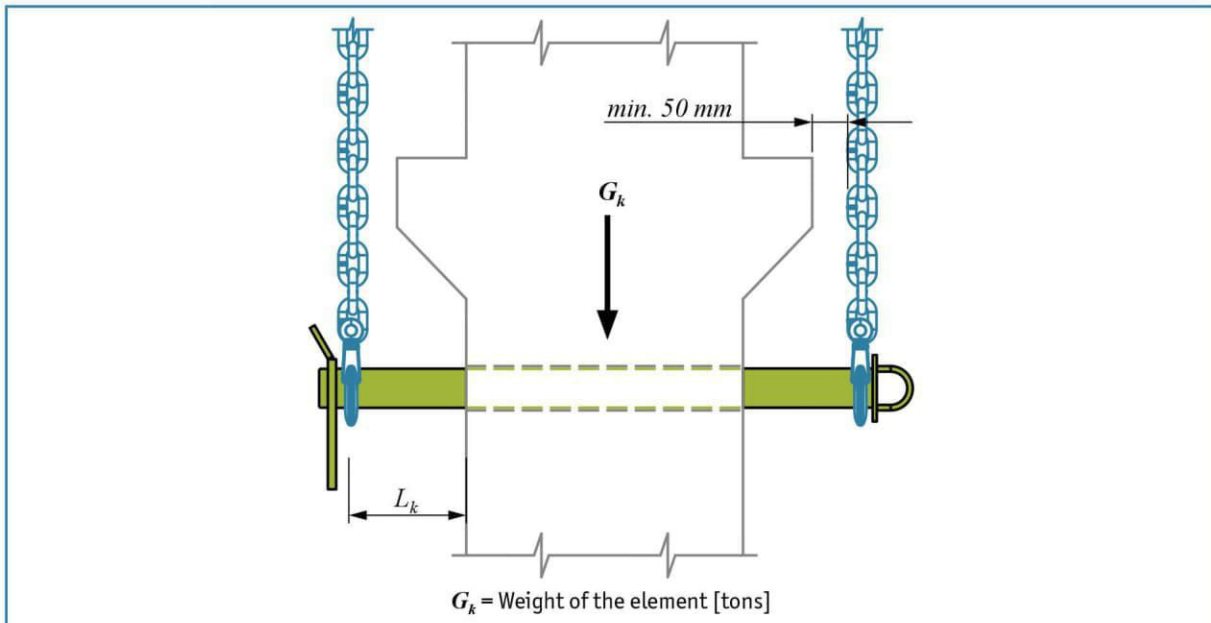
The resistance of the COLIFT Mounting System is determined by a design concept that refers to the following standards and regulations:

- Machinery Directive 2006/42/EC
- EN ISO 12100
- EN 13001
- DIN 15429:1978
- DGUV 100-500
- DGUV 201-002
- DGUV 209-013

The limiting factor that determines the working life of the COLIFT Mounting System is the fatigue of the material. Based on the requirements according to EN 13001, the COLIFT Mounting System is designed for 90,000 load cycles.



Table 4. Standard safe working load (SWL) capacities of the COLIFT Mounting System [tons].



Spacing Length		MW d70	MW d90	MW d115	MW d140
		SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]
$L_k$ [mm]	50	15.8	37.0	58.0	90.0
	250	7.0	15.5	26.5	45.5
	300	6.3	13.0	23.0	40.0
	350	5.6	11.5	20.0	35.5



**WARNING:**

The mounting shaft must be loaded symmetrically during the lifting process. The spacing between the slings and the lifted element surface must be equal on both sides. The symmetry of the load on the mounting shaft must be checked and adjusted every time.

**Extended safe working load**

The extended safe working load solution provides a more precise definition of the safe working load based on the real wear of the mounting shaft, the dynamic factor, and the concrete grade of the precast element. This solution requires individual justification of the wear and defining dynamic factor based on the real lifting speed and the type of crane. More information can be found in Annex B.

### 1.4 Placing of the COLIFT Mounting System

The mounting shaft is placed into a hole in the precast element with both ends of the shaft protruding from the element by the same length (the precast element is balanced on the middle of the shaft). An appropriate diameter of the mounting shaft must be considered before casting the precast element. The hole for the mounting shaft is created using a plastic tube with diameters presented in *Table 5*. The diameter of the casted tube should be at least 10 mm bigger than the diameter of the mounting shaft. The resulting center of gravity of the precast element must be considered when placing the tube in the formwork to ensure that the element will be in a balanced position during lifting and handling on the construction site.

Check Annex C (Application conditions) before designing and using the COLIFT Mounting System.

Figure 7. Hole for mounting shaft in precast element.



Figure 8. Mounting shaft placed in the hole.



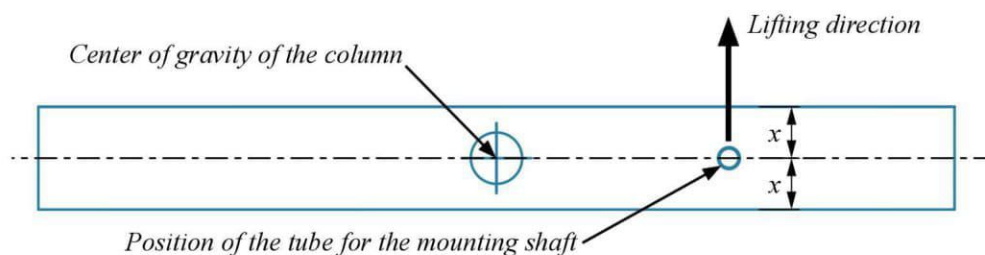
The minimum inner diameters of tubes used for mounting shafts are presented in the following table.

Table 5. Minimum tube diameters for the mounting shaft.

	Unit	MW d70	MW d90	MW d115	MW d140
Minimum inner diameter of tube	$\varnothing$ [mm]	80	100	125	150

The maximum diameter of the hole is limited to 1.5 times the mounting shaft diameter. If the hole is too big for the mounting shaft, the precast element may move unexpectedly.

Figure 9. Installation position of the tube for the mounting shaft.

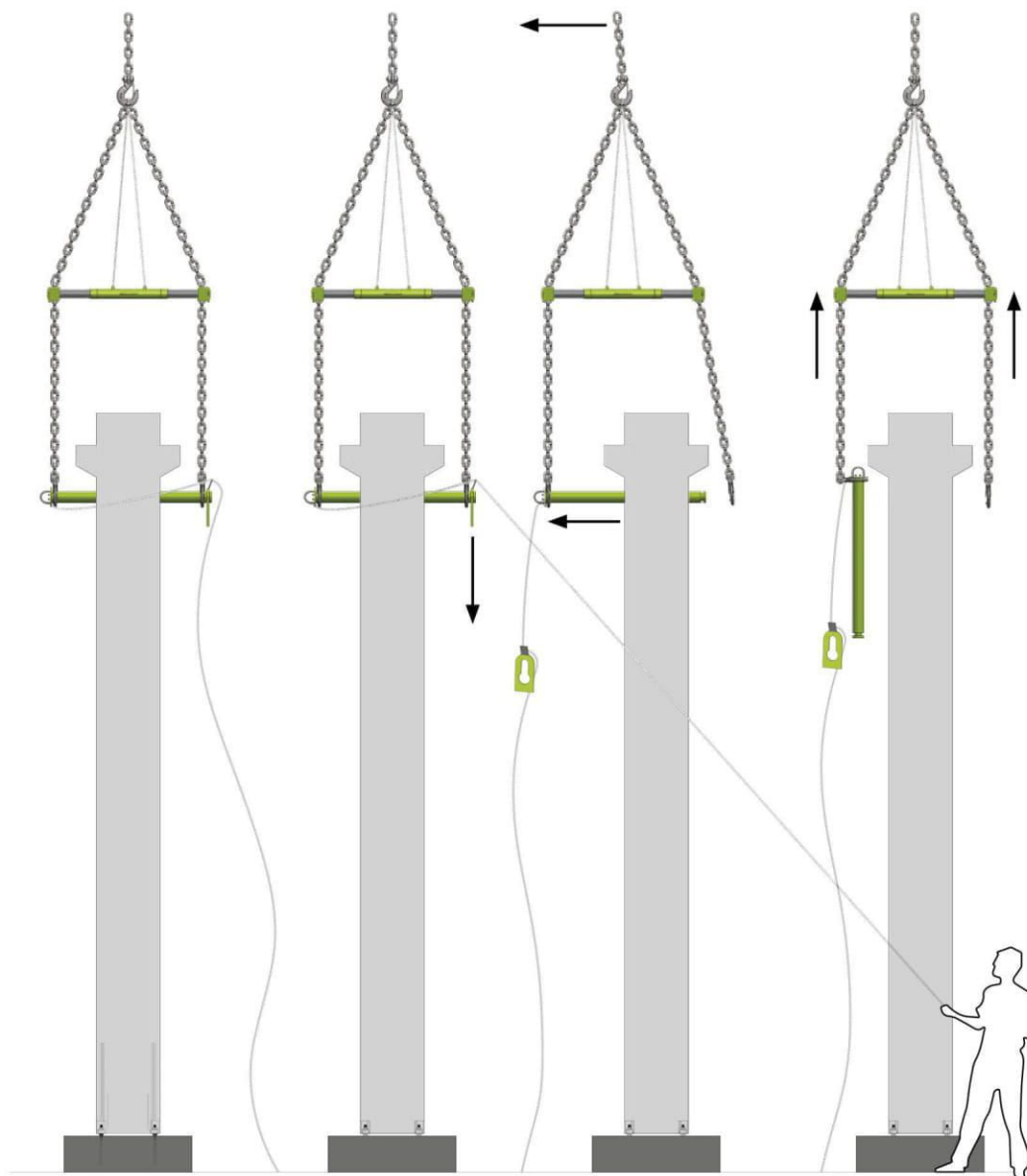


### Removing the COLIFT Mounting System

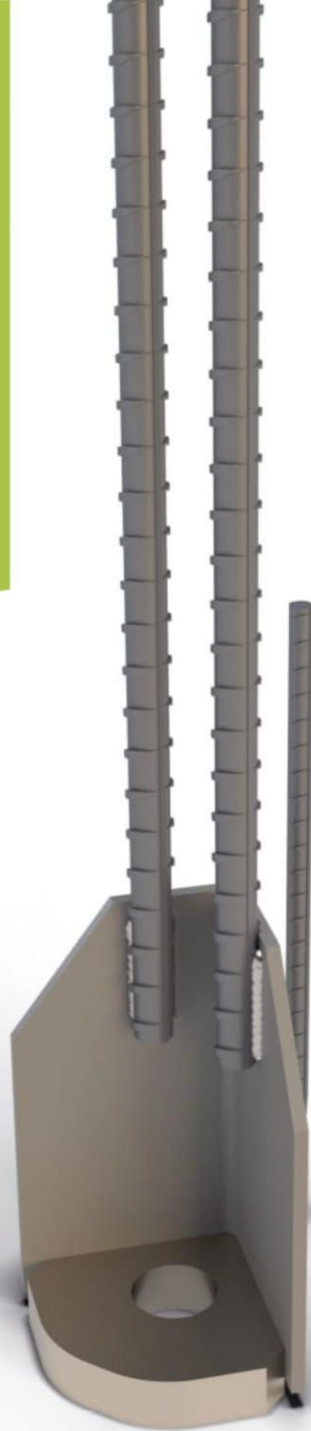
Before removing the COLIFT Mounting System from the precast element, make sure that the element is properly connected in the final position.

To remove the mounting shaft, the operator must pull the connected cord to turn the slip guard upside-down and then remove it from shaft by pulling the cord from the column. The operator must have a sufficient length of cord to be out of range of accidental falling parts. After removing the slip guard, the mounting shaft can be pulled out by crane from the column. Make sure that mounting shaft is pulled out parallel to the direction of the tube in the column. Lateral pulling could exert additional forces on the column and damage the connection of the precast element.

Figure 42. Removing the COLIFT Mounting System from the precast element.



# TECHNICAL MANUAL



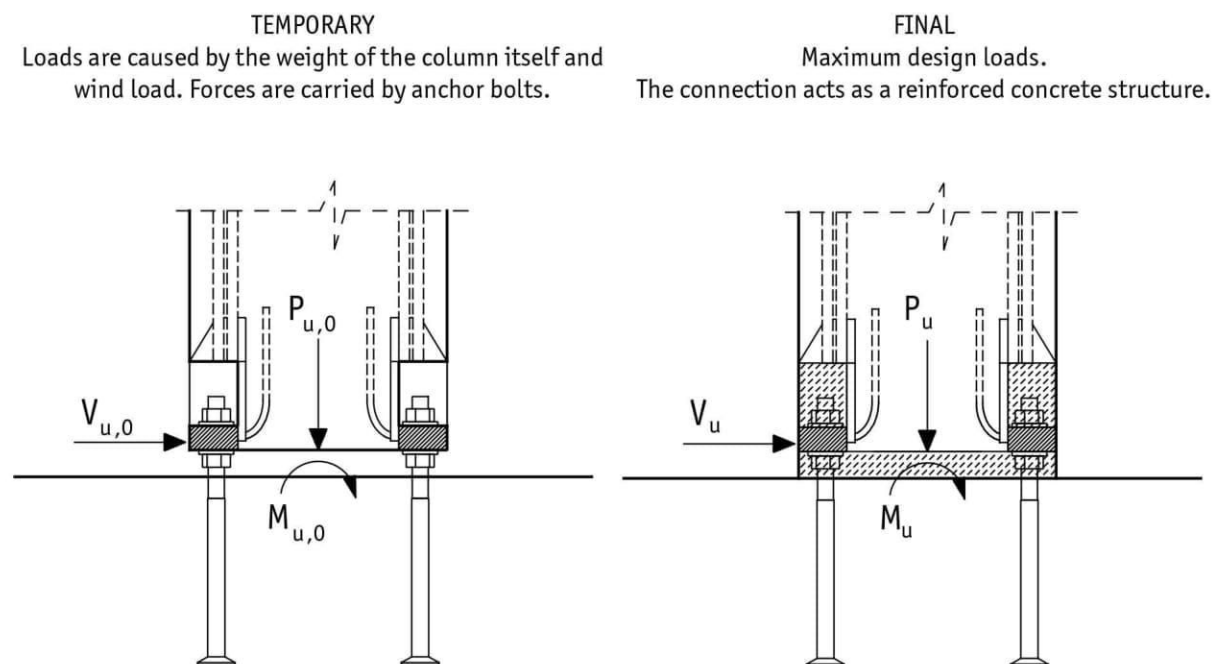
## HPKM<sup>®</sup> Column Shoe

Reliable Bolted Column Connections

Version: PEIKKO GROUP ACI-M 01/2017  
Designed according to ACI 318M-11



Figure 3. Structural behavior of the column connection under temporary and final conditions.



## 1.2 Application conditions

The standard models of HPKM® Column Shoes are pre-designed for use under the conditions mentioned in this section. If these conditions may not be satisfied, please contact Peikko Customer Engineering Service for individually designed HPKM® Column Shoes.

### 1.2.1 Loading and environmental conditions

The HPKM® Column Shoe resistances given in chapter 2 are for static loads. Individual designs are required for dynamic fatigue or seismic loads.

Column shoes are designed for use indoors and in dry conditions. When using HPKM® Column Shoes in other conditions, the surface treatment, concrete cover, or raw materials must be adequate according to the environmental exposure class and intended operating life. The required concrete cover is defined by the column designer.



Figure 4. Concrete cover of main anchor bars – corner and middle position of column shoe.

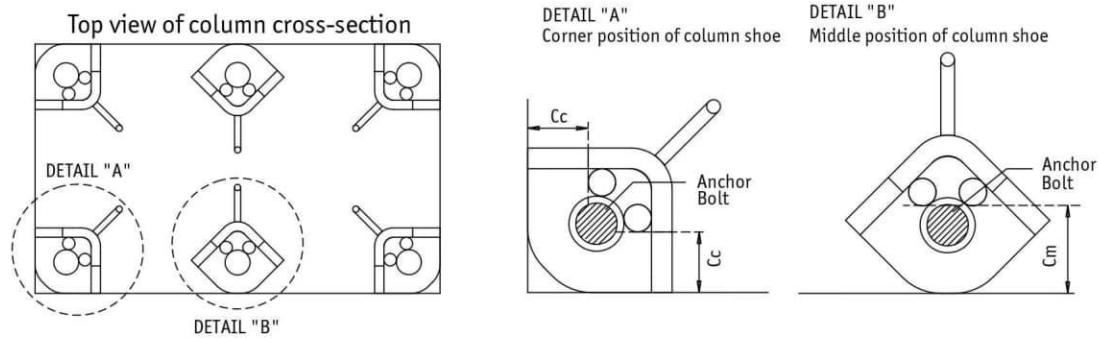


Table 2. Concrete cover of main anchor bars in corner or middle position of column shoe.

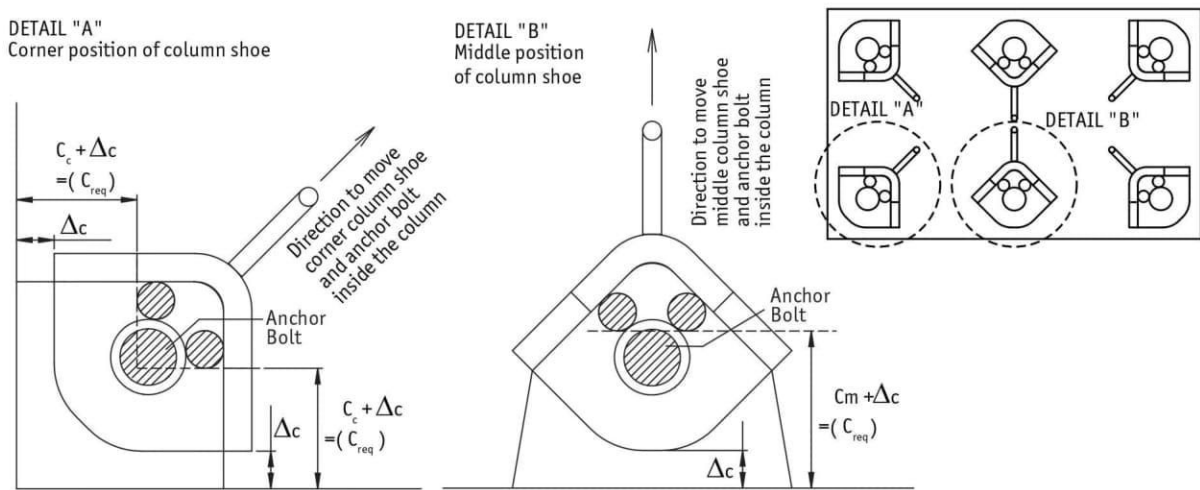
	HPKM 16 ACI	HPKM 20 ACI	HPKM 24 ACI	HPKM 30 ACI	HPKM 39 ACI
<b>Corner concrete cover <math>C_c</math> [mm]</b>	40	42	42	44	46
<b>Middle concrete cover <math>C_m</math> [mm]</b>	55	58	60	63	72

If higher values of concrete cover are required ( $c_{req} > c_c$  or  $c_{req} > c_m$ ), HPKM® Column Shoes need to be placed toward the column centre (see Figure 5). To prevent concrete to fill up the pocket during casting, the recess boxes may be used. When column shoes are located away from column surface, there concrete must be prevented from filling up a gap of  $\Delta_c$  size. For detailed information, see the chapter on installation of HPKM® Column Shoes.

NOTE! When column shoes are moved towards the center of the column, the anchor bolts should be moved accordingly in the bolt assembly drawings.



Figure 5. Concrete cover of main anchor bars – determination of required concrete cover thickness  $c_{req}$ .



### 1.3 Other properties

HPKM® Column Shoes are fabricated of steel plates and reinforcement steel with the following material properties:

<b>Steel plates</b>	Grade 50 S355J2+N Q345	ASTM A572M EN 10025-2 GB/T 1591
<b>Ribbed bars</b>	Grade 75 B500B HRB 500	ASTM A615M EN 10080 GB 1499

To order column shoes made of specific materials, please see the chapter entitled ‘Selecting HPKM® Column Shoes’.

Peikko Group’s production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals by various organizations.

Products are marked with the emblem of Peikko Group, the type of product, and the year and week of manufacture.

Table 3. Dimensions [mm], weights [kg], and color codes of HPKM® Column Shoes.

	HPKM 16 ACI	HPKM 20 ACI	HPKM 24 ACI	HPKM 30 ACI	HPKM 39 ACI	manuf. tolerances
<b>B</b>	85	95	105	120	150	+3, -0
<b>C</b>	75	80	85	90	110	+2, -0
<b>D</b>	115	120	125	140	180	
<b>E</b>	50	50	50	50	60	± 1
<b>H</b>	725	875	1105	1430	1885	± 10
<b>K</b>	135	145	150	175	225	
<b>t</b>	15	20	30	45	50	+1, -0
<b>X</b>	30	30	30	30	37	
<b>Ø</b>	28	31	35	40	55	+2, -0
<b>Weight</b>	2.3	3.9	6.5	13.8	26.4	
<b>Color code</b>	Yellow	Blue	Gray	Green	Orange	

Lap lengths of anchor bars are defined according to concrete grade 30 MPa cylinder strength.

## 2. Resistances

The design concept for precast concrete column connections is according to ACI 318M-11.

When calculating the action effects of a column, the rigidity of the end connections must be estimated. It was verified during the demanding initial type testing with concrete column connections that rectangular cross-sections with at least four column shoes behave rigidly in bending or are at least as stiff as continuously reinforced cast-in-situ columns.

The resistances of HPKM® Column Shoes are determined by a design concept that makes reference to the following standards and specifications:

- ACI 318M-11
- ANSI/AISC 360-10
- AWS D1.1/D1.1M 2006

The calculated resistances of HPKM® Column Shoes in this manual do not include any national requirements.

### 2.1 Axial resistances

HPKM® Column Shoes are designed to withstand tensile and compressive forces corresponding to the design values of resistances of HPM Rebar Anchor Bolts.

It is recommended that the resistances of the column connection be calculated using the Peikko Designer® software, which makes the column connection design procedure quick and easy. The software includes a design code selection, which is required for each design case and which contains several options. By selecting a valid design code, it is possible to check the resistances of each column connection easily. It is also possible to check the erection stage resistances of a column connection before the joint is grouted.

Table 4. Design values of tensile or compressive resistances  $\phi N_{sa}$  of individual HPKM® Column Shoes for concrete grade 30 MPa cylinder strength. Anchor bolt material grade 60 according to standard ASTM A615M.

Column Shoe	Rebar Anchor Bolt	$\phi N_{sa}$ [kN]	
HPKM 16 ACI	HPM 16 ACI ASTM	63	
HPKM 20 ACI	HPM 20 ACI ASTM	97	
HPKM 24 ACI	HPM 24 ACI ASTM	141	
HPKM 30 ACI	HPM 30 ACI ASTM	224	
HPKM 39 ACI	HPM 39 ACI ASTM	390	

Table 5. Design values of tensile or compressive resistances  $\phi N_{sa}$  of individual HPKM® Column Shoes for concrete grade 30 MPa cylinder strength. Anchor bolt material B500B according to standard EN 10080.

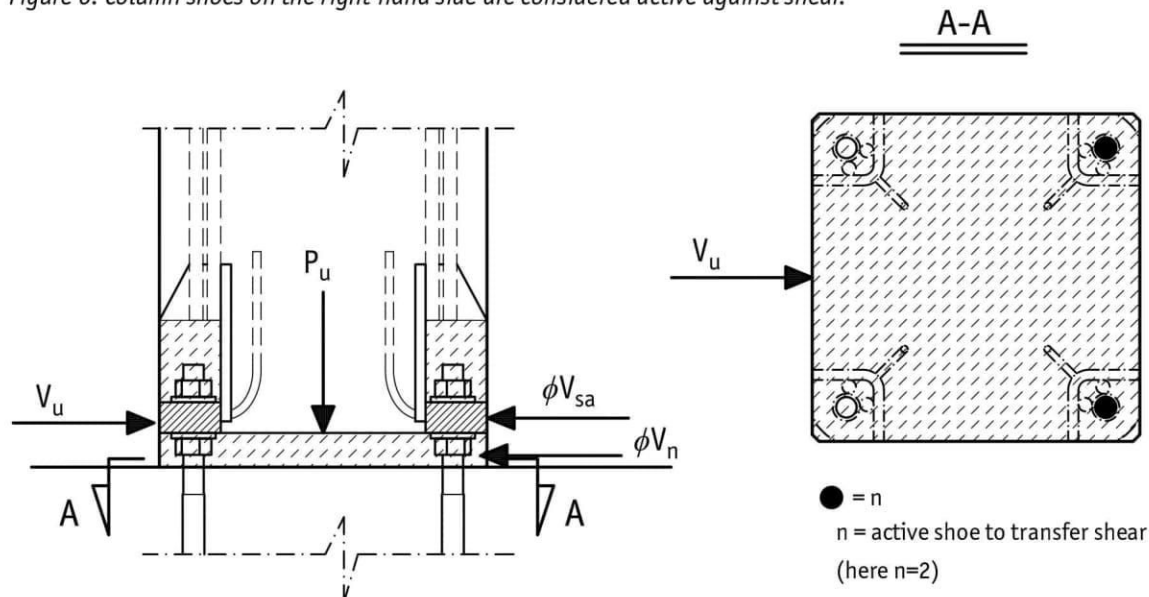
Column Shoe	Rebar Anchor Bolt	$\phi N_{sa}$ [kN]	
HPKM 16 ACI	HPM 16 ACI EN	55	
HPKM 20 ACI	HPM 20 ACI EN	86	
HPKM 24 ACI	HPM 24 ACI EN	125	
HPKM 30 ACI	HPM 30 ACI EN	199	
HPKM 39 ACI	HPM 39 ACI EN	346	



## 2.2 Shear resistances

The action effects at the connection are first divided between the individual column shoes.

Figure 6. Column shoes on the right-hand side are considered active against shear.



The design value of the shear force in the final stage for a single column shoe on the active side (see Figure 6) is calculated as follows:

$$V_{ua} = \frac{V_u - \phi V_n}{n}$$

$$\phi V_{n,f} = \phi \mu P_u \leq 0.2 f'_c A_c$$

where:

- $V_u$  = factored shear load
- $V_{n,f}$  = shear friction strength of column connection
- $\mu$  = friction coefficient = 0.55 for steel on grout and 0.7 for steel on concrete
- $P_u$  = factored compressive load in the column that is consistent with the lateral force being evaluated
- $\phi$  = strength reduction factor
- $n$  = the number of the individual active column shoes resisting shear force
- $f'_c$  = specified compressive strength of concrete
- $A_c$  = area of concrete section resisting shear transfer

The shear resistance of a column shoe is calculated according to ACI 318M-11, section D.6.1.2, Equation (D-29).

Table 7. Design values of shear resistance  $\phi V_{sa}$  of individual HPKM® Column Shoe. Anchor bolt material grade 60 according to standard ASTM A615M.

Column Shoe	HPKM 16 ACI	HPKM 20 ACI	HPKM 24 ACI	HPKM 30 ACI	HPKM 39 ACI
Rebar Anchor Bolt	HPM 16 ACI ASTM	HPM 20 ACI ASTM	HPM 24 ACI ASTM	HPM 30 ACI ASTM	HPM 39 ACI ASTM
$\phi V_{sa}$ [kN]	28	43	62	99	173

Table 8. Design values of shear resistance  $\phi V_{sa}$  of individual HPKM® Column Shoe. Anchor bolt material B500B according to standard EN 10080.

Column Shoe	HPKM 16 ACI	HPKM 20 ACI	HPKM 24 ACI	HPKM 30 ACI	HPKM 39 ACI
Rebar Anchor Bolt	HPM 16 ACI EN	HPM 20 ACI EN	HPM 24 ACI EN	HPM 30 ACI EN	HPM 39 ACI EN
$\phi V_{sa}$ [kN]	25	38	55	88	153

Table 9. Design values of shear resistance  $\phi V_{sa}$  of individual HPKM® Column Shoe. Anchor bolt material HRB500 according to standard GB 1499.

Column Shoe	HPKM 16 ACI	HPKM 20 ACI	HPKM 24 ACI	HPKM 30 ACI	HPKM 39 ACI
Rebar Anchor Bolt	HPM 16 ACI GB	HPM 20 ACI GB	HPM 24 ACI GB	HPM 30 ACI GB	HPM 39 ACI GB
$\phi V_{sa}$ [kN]	28	43	62	99	173

The resistance  $\phi V_{sa}$  shown in Tables 7–9 is the resistance of pure steel failure. For concrete failure and further information, please see the technical manual of HPM Rebar Anchor Bolts.

The shear resistance of a column shoe subjected to shear and compression shall meet the requirement:

$$V_{ua} \leq \phi V_{sa}$$

It is recommended that the shear resistances of column connections be calculated using the Peikko Designer® software, which makes column connection shear design quick and easy, both in the final and erection stage.

### 2.3 Fire resistances

The required concrete cover thickness is defined by the column designer.

# TECHNICAL MANUAL



## HPM<sup>®</sup> Rebar Anchor Bolt

Easy and Fast Bolted Connections

Version: PEIKKO GROUP 01/2015





# HPM Anchor Bolt

For bolted connections

## System benefits

- Standardized and approved rebar anchor bolt system
- Approved design parameters
- Quick deliveries directly from stock
- Certified production
- Wide range of products for all anchoring purposes
- Accessories for quick and easy installation
- Easy to design with free Peikko Designer<sup>®</sup> software

HPM Rebar Anchor Bolts are used to anchor concrete or steel structures and machinery into concrete base structures. The anchors are embedded into concrete and the structures are fastened to bolts by nuts and washers. The joint between two structures is then grouted.

The system consists of a wide range of headed and straight anchor bolts, installation accessories, and tools for designers. Headed bolts are used typically in shallow structures for end anchoring, whereas straight bolts are used for lap splices. In addition to plain finish bolts, the products are also available as ECO or Hot-Dip galvanized. Installation templates are provided to ensure easy and correct installation of the anchor bolts.



### 1. Product Properties

HPM Anchor Bolts are cast-in-place anchors used to connect structural and non-structural elements to concrete in all types of buildings, warehouses, halls, bridges, dams, and power plants.

HPM Anchor Bolts are available in several standard models that are suitable for different application solutions, loading conditions, and cross-sections. Anchor bolts are cast into concrete and transfer loads from the attachment to the base structure.

The product range consists of

- Headed anchor bolts, type HPM L
- Straight anchor bolts, type HPM P
- Installation templates

*HPM L Anchor Bolt*



*HPM P Anchor Bolt*



Type L bolt anchorage is achieved with a headed stud. Loads are transferred through the bearing of the head against hardened concrete. Due to their relatively short anchorage length, HPM L Anchor bolts are particularly suitable for use in shallow structures (e.g. foundations, slabs, beams).

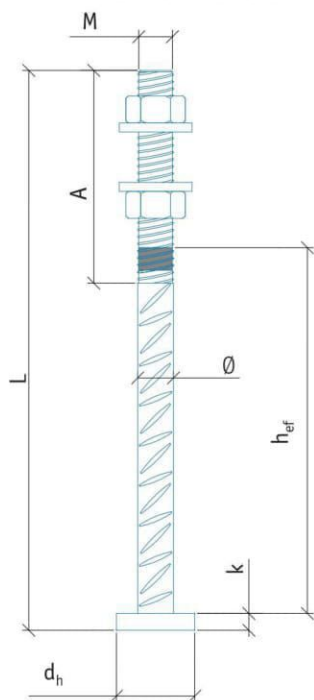
Type P bolt anchorage is achieved by splicing, whereby the bolt overlaps the main reinforcement. Loads are transferred through the bond of the ribbed bars. The primary use of HPM P Anchor Bolts is in structures with sufficient depth (e.g. base columns, columns). Alternative usages are shown in Annex E.

HPM Anchor Bolts are pre-designed to be compatible with HPKM Column Shoes, SUMO Wall Shoes, and Beam Shoes, providing a solution for most precast connections (e.g. column to foundation, column to base column, column to column, wall to foundation, wall to wall, beam to column, beam to wall), as well as to secure steel columns or even machine fixings.

Anchor bolts are cast into the base structure together with the main and supplementary reinforcement, as detailed in Annexes A, B, C, and D of this manual. The connection is achieved by fastening the anchor bolt to the base plate using nuts and washers. To finalize the connection, the joint is grouted with non-shrinking grouting material.

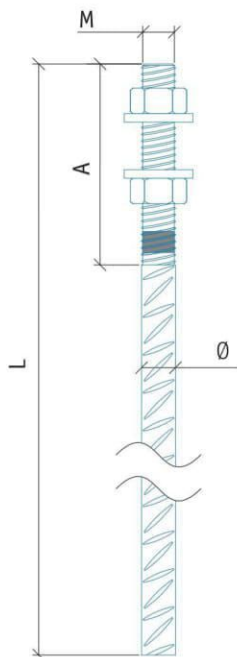
Peikko Bolted Connections can be designed to resist axial forces, bending moments, shear forces, combinations of the above, and fire exposure. The appropriate type and quantity of HPM Anchor Bolts to be used in a connection may be selected and the resistance of the connection verified by using the Peikko Designer<sup>®</sup> software (download from [www.peikko.com](http://www.peikko.com)).

Table 3. Dimensions [mm], weight [kg], and color codes of HPM L Anchor Bolts.



	HPM 16 L	HPM 20 L	HPM 24 L	HPM 30 L	HPM 39 L
M	M16	M20	M24	M30	M39
A	140	140	170	190	200
Stress area of the thread	157	245	352	561	976
Ø	16	20	25	32	40
L	280	350	430	500	700
Washer	Ø 40-6	Ø 44-6	Ø 56-6	Ø 65-8	Ø 90-10
$h_{ef}$	165	223	287	335	502
$d_h$	38	46	55	70	90
k	10	12	13	15	18
Weight	0,7	1,2	2,2	4,1	9,2
Color code	Yellow	Blue	Gray	Green	Orange

Table 4. Dimensions [mm], weight [kg], and color codes of HPM P Anchor Bolts.



	HPM 16 P	HPM 20 P	HPM 24 P	HPM 30 P	HPM 39 P
M	M16	M20	M24	M30	M39
A	140	140	170	190	200
Stress area of the thread	157	245	352	561	976
Ø	16	20	25	32	40
L	810	1000	1160	1420	2000
Washer	Ø 40-6	Ø 44-6	Ø 56-6	Ø 65-8	Ø 90-10
Weight	1,5	2,8	4,9	9,8	21,8
Color code	Yellow	Blue	Gray	Green	Orange



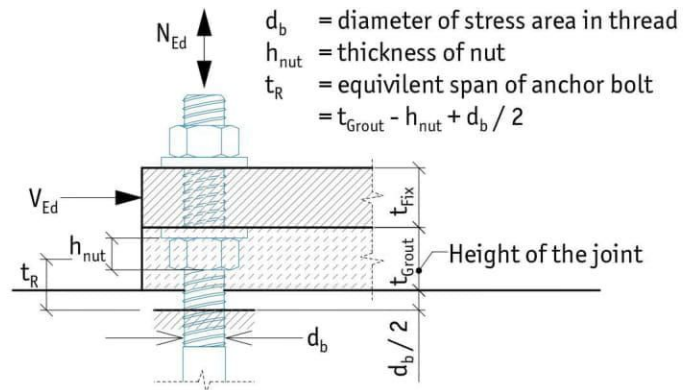
## 2. Resistances

### 2.1 Tensile, compressive, and shear resistances

The resistances of HPM Anchor Bolts are determined by a design concept that makes reference to the following standards:

- Specification CEN/TS 1992-4-1:2009
- Specification CEN/TS 1992-4-2:2009
- EN 1992-1-1:2004/AC:2010
- EN 1993-1-1:2005/AC:2009
- EN 1993-1-8:2005/AC:2005
- ETA-02/0006: ETA-approval
- ETA-13/0603: ETA-approval

Figure 7. Loads and parameters characterizing the joint.



The resistance of HPM Anchor Bolt connections is defined by bolt steel or anchorage to concrete strength. The required verifications are summarized later in this section. If the anchor bolt's tensile or shear steel resistance cannot be fully developed due to concrete failure then the supplementary reinforcement may be used to carry the forces from the anchor bolt. It is recommended that the resistance be calculated and the required reinforcement for the bolted connections be assigned using the Peikko Designer® software.

Table 5. Design values for tensile or compressive resistance of individual HPM Anchor Bolt. (Steel strength).

$N_{Rd}$ $N_{Rd,0}$	[kN]	HPM 16	HPM 20	HPM 24	HPM 30	HPM 39
		62	96	139	220	383

Table 6. Design values for shear resistance of individual HPM Anchor Bolt. (Steel strength).

The resistances are determined in accordance with ETA-13/0603.

Anchor Bolt	$V_{Rd}$ [kN] Final Stage	$V_{Rd,0}$ [kN] Erection Stage	$t_{Grout}$ [mm]
HPM 16	20	5	50
HPM 20	31	10	50
HPM 24	45	18	50
HPM 30	72	37	50
HPM 39	125	72	60

**NOTE 1:** Resistances  $V_{Rd}$  and  $V_{Rd,0}$  in Table 6 are valid for height of joint equal to  $t_{Grout}$ .

**NOTE 2:** Resistances shown in Tables 5 and 6 are without simultaneous action of axial and shear load. For combined resistance, see section 2.2 of this manual.

## Identification of the product

HPM Anchor Bolts are available in standard models (16, 20, 24, 30, and 39) analogous to the M-thread diameter of the bolt. The model of anchor bolt can be identified by the name in the label on the product and the color of the product.

## Forming a bolt group

Bolts are collected into bolt groups using the PPL Installation Template. The installation template enables bolt groups to be centralized on the horizontal plane in exactly the right place and easily adjusted to the correct casting level.

*HPM Anchor Bolt color identification.*

Anchor Bolt	Thread diameter [mm]	Color code	Installation Template
HPM 16	16	Yellow	PPL 16
HPM 20	20	Blue	PPL 20
HPM 24	24	Gray	PPL 24
HPM 30	30	Green	PPL 30
HPM 39	39	Orange	PPL 39

The PPL Installation Template is a steel plate. Anchor Bolts are fixed through the holes on the template with nuts and washers. The PPL installation plate has alignment marks for accurate positioning of the anchor bolt group. Anchor bolts also have center marks on the top of each bolt for alternative positioning methods. To prevent displacement during the concreting process, the template should be fixed securely to the supporting base by its fixing recesses at the sides. Concrete can be poured easily through the hole in the middle of the template. After casting, the installation template is detached and can be reused.





# TECHNICAL MANUAL



## MODIX® Rebar Coupler

Safe and Flexible Rebar Coupling System

Version: PEIKKO GROUP 01/2016



# MODIX Rebar Couplers

Safe and flexible rebar splicing system

- Reduces congestion of reinforcement by eliminating lap splicing
- Simplifies construction of reinforced concrete structures
- Wide range of connections with a small number of coupler types
- Quick and easy assembly with simple tools
- Safe and time-saving assembly control
- High production speed



MODIX Rebar Couplers are building products used to create mechanical connections between ribbed reinforcement bars in cast-in-situ and precast concrete structures. MODIX consists of prefabricated female and male muffs with M-threads, which are pressed onto the reinforcement bars. This system provides high production speed with reliable quality. A unique visual inspection system makes the assembly process fast and safe.

MODIX Rebar Couplers transfer the full resistance of reinforcement bars for compressive and tensile forces in connections with straight and bent reinforcement bars of the same and different diameters, also enabling the rebar to be attached to a steel profile and to form an end anchor. MODIX is available for rebar diameters of 10 mm to 40 mm.



System approved by

**VTT DIBt KOMO ÉMI ITB**




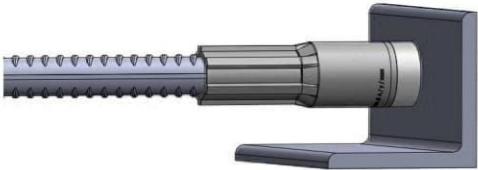
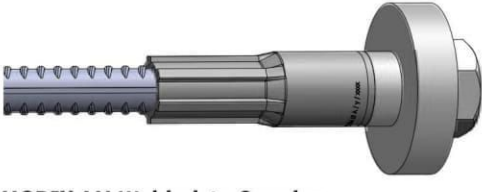

A list of national product approvals is available on Peikko's website: [www.peikko.com](http://www.peikko.com)

## 1. PRODUCT PROPERTIES

MODIX Rebar Couplers are used to create threaded connections between reinforcement bars. MODIX consists of a threaded coupler swaged onto a hot-rolled ribbed reinforcement bar with a diameter of 10mm to 40mm. MODIX is typically used to:

- Create continuity of reinforcement in concrete elements
- Fix end anchors to the reinforcement bar
- Fix the reinforcement bar to a steel profile

Variants of MODIX are shown in the table below:

<p><b>MODIX SM Standard Coupler</b></p> 	<p>Threaded coupler system for connecting reinforcing bars with the same diameters.</p>
<p><b>MODIX PM Position Coupler</b></p> 	<p>Threaded coupler system for bars that cannot be turned and moved in an axial direction, such as tapered columns with connecting bars bent at right angles.</p>
<p><b>MODIX RM Reduction Coupler</b></p> 	<p>Threaded coupler system for connecting bars with different diameters.</p>
<p><b>MODIX KM Combination Coupler</b></p> 	<p>Threaded coupler system for use as a combination coupler to connect a reinforcement bar and a metric screw.</p>
<p><b>MODIX EM End anchor Coupler</b></p> 	<p>Threaded coupler system for use as an end-anchor coupler including a standard screw and end-plate.</p>
<p><b>MODIX AM Welded-to Coupler</b></p> 	<p>Threaded coupler system for use as a weld-to coupler for connecting reinforcement bars and steel construction elements.</p>



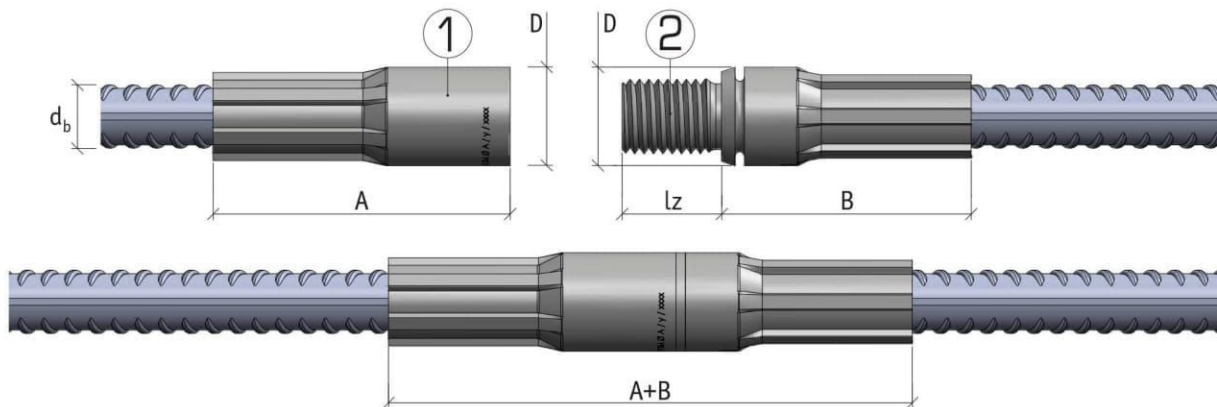
**MODIX® SM** (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

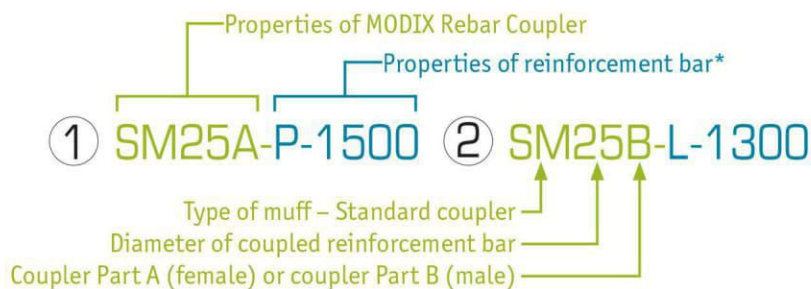


Coupler type	Bar $\varnothing d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing D$ [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length $l_z$ [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green

- Part A and Part B can be ordered separately.



Example of a product code:



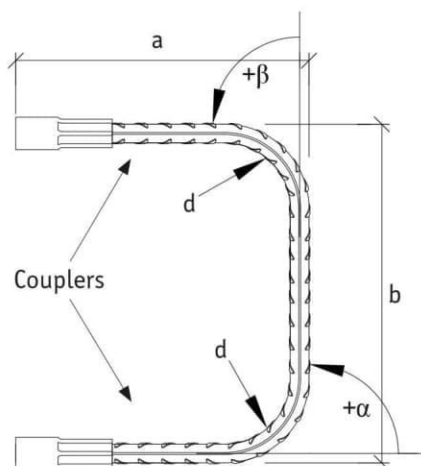
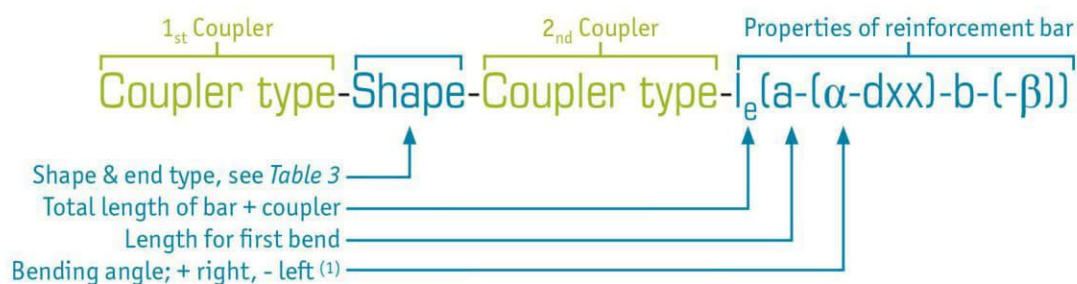
\*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

**Application**

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.



Double-sided:



**Example : SM20A-D21-SM20A-1100(400-300)**

<sup>(1)</sup> The Bending angle must be defined in shapes 15, 25, 26 according to Table 3. Shapes 12, 13, 21 have standard bending angle ⇔ 12, 21 = 90°; 13 = 180°

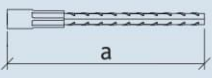
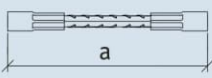
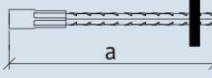
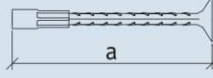
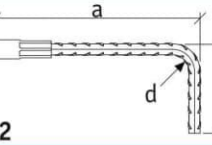
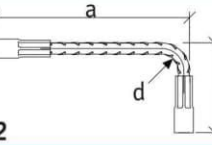
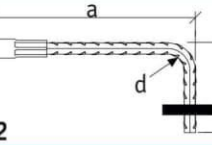
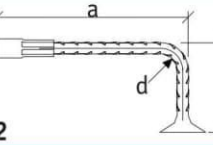
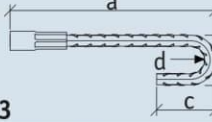
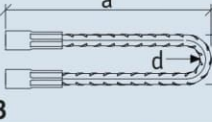
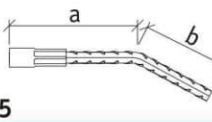
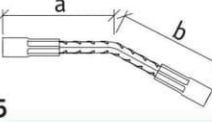
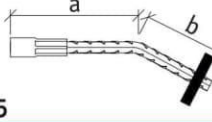
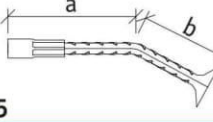
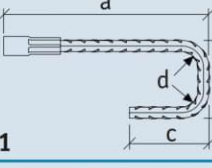
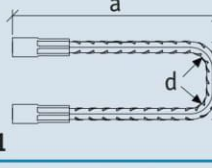
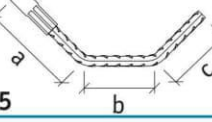
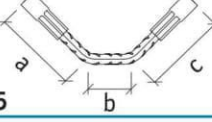
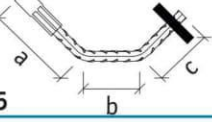
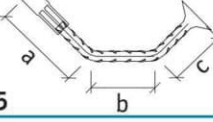
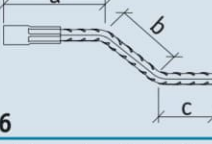
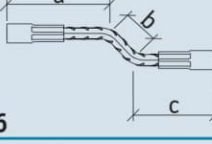
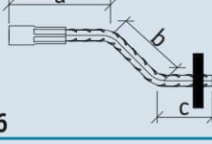
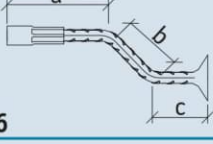
Table 2. MODIX Rebar Coupler list examples.

#	Pcs	MODIX		Bending shape + End type	Reinforcement bar			Dimensions				Notes <sup>(A)</sup>	
		1 <sup>st</sup> end	2 <sup>nd</sup> end		Ø [mm]	Material	Standard	L <sub>e</sub> [mm]	a [mm]	b [mm]	α [mm]		β [mm]
1 <sup>(B)</sup>	38	SM25A	--	P26	25	B500B	EN 10080	1200	400	500	45	45	d200
2 <sup>(B)</sup>	5	SM20A	RM16A	D21	20	B500B	EN 10080	1100	400	300	90	90	--
3 <sup>(B)</sup>	30	SM 16A	--	E	16	B500B	EN 10080	800	--	--	--	--	10x50x50

<sup>(A)</sup> Additional information can be specified, e.g. if the required mandrel diameter Ø m differs from the standard values specified in Table 5 or custom dimensions of anchor plates are in group E

<sup>(B)</sup> Examples

Table 3. MODIX rebar Product shape list.

P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L - Headed stud
 <p><b>P</b></p>	 <p><b>D</b></p>	 <p><b>E</b></p>	 <p><b>L</b></p>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a</math>                      Example of product code: SM25A-E-1200</p>			
 <p><b>P12</b></p>	 <p><b>D12</b></p>	 <p><b>E12</b></p>	 <p><b>L12</b></p>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b - \frac{1}{4}d - d_b</math>                      Example of product code: SM25A-P12-1200(500)</p>			
 <p><b>P13</b></p>	 <p><b>D13</b></p>		
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + 0.57b + c - 1.57d_b</math> or <math>l_e = 2a + 0.57b - 1.57d_b</math>                      Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)</p>			
 <p><b>P15</b></p>	 <p><b>D15</b></p>	 <p><b>E15</b></p>	 <p><b>L15</b></p>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b</math>                      Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))</p>			
 <p><b>P21</b></p>	 <p><b>D21</b></p>		
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_b</math>                      Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)</p>			
 <p><b>P25</b></p>	 <p><b>D25</b></p>	 <p><b>E25</b></p>	 <p><b>L25</b></p>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(-45)-600-(-45))</p>			
 <p><b>P26</b></p>	 <p><b>D26</b></p>	 <p><b>E26</b></p>	 <p><b>L26</b></p>
<p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(-45)-600-(-45))</p>			

**NOTES**

1. The letter in the code describes the MODIX rebar end type (P, D, E, L) and the numbers describe the rebar bending shape according to EN ISO 3766.
2. The product code of MODIX rebar with no bending does not contain a bending shape.
3. The standard end plate (default) dimensions are shown in *Table 4*. Customized end plates can be produced if all necessary dimensions are provided on the ordering list. For customized end plates, Peikko takes no responsibility for the end plate design.

*Table 4. Standard dimensions for anchor plates (E product shape) and anchor heads (L product shape).*

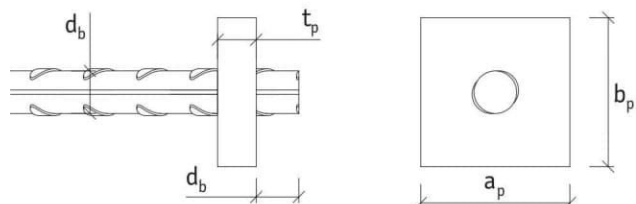
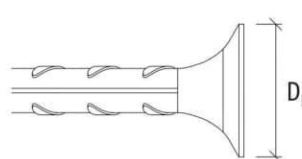
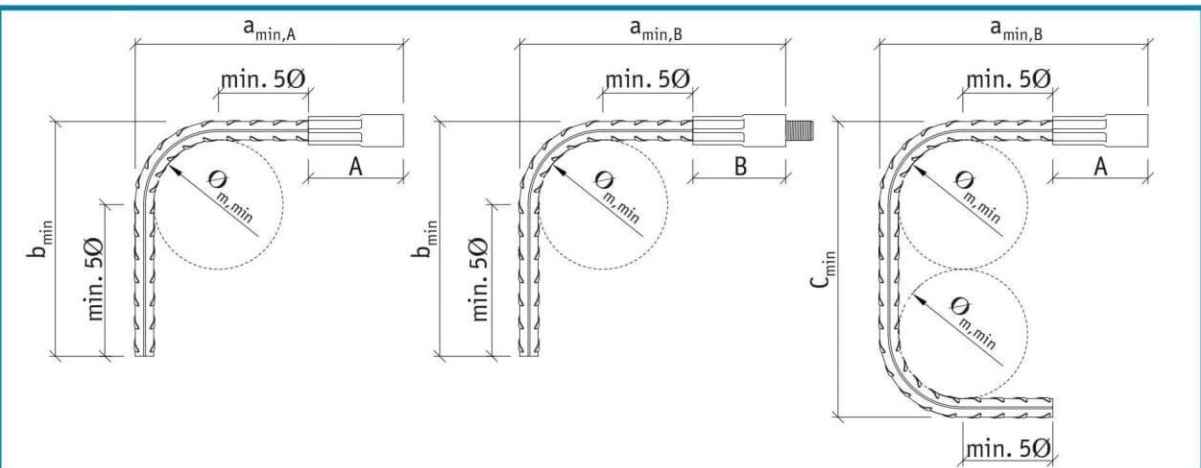
End plate – Product shape E		Anchor head – Product shape L								
										
<b>Bar Ø</b>	$d_b$ [mm]	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>40</b>
<b>Product shape E (end plate)</b>										
<b>Thickness of end plate</b>	$t_p$ [mm]	10	12	15	20	20	25	30	35	40
<b>Length of end plate</b>	$a_p$ [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140
<b>Width of end plate</b>	$b_p$ [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140
<b>Product shape L (anchor head)</b>										
<b>Diameter of anchor head</b>	$D_h$ [mm]	30	36	42	48	60	75	84	96	98



Table 5. Minimum dimensions of bended reinforcement bar in mm.



Bar Ø	10	12	14	16	20	25	28	32	40
$\varnothing_{m,min}$	4Ø	4Ø	4Ø	4Ø	7Ø	7Ø	7Ø	7Ø	7Ø
$\varnothing_{m,min}$	40 mm	48 mm	56 mm	64 mm	140 mm	175 mm	196 mm	224 mm	280 mm
<b>A</b>	52	63	72	80	98	122	141	156	163
<b>B</b>	46	52	57	63	77	98	111	124	136
<b>a<sub>min,A</sub></b>	132	159	184	208	288	360	407	460	543
<b>a<sub>min,B</sub></b>	126	148	169	191	267	336	377	428	516
<b>b<sub>min</sub></b>	80	96	112	128	190	238	266	304	380
<b>c<sub>min</sub></b>	120	124	168	172	320	350	400	450	500

Minimum mandrel diameters  $\varnothing_{m,min}$  are according to EN 1992-1-1 chapter 8.3.



# TECHNICAL MANUAL



## JENKA<sup>®</sup> Lifting System

Threaded Lifting System for all Load Directions

Version: PEIKKO GROUP 04/2016



## 1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

**JRd30:** JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

**JM30:** JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available up on request)

### 1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in *Figure 20* and *Table 15*. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

*Figure 20. WAS, BSA and PSA insert types.*

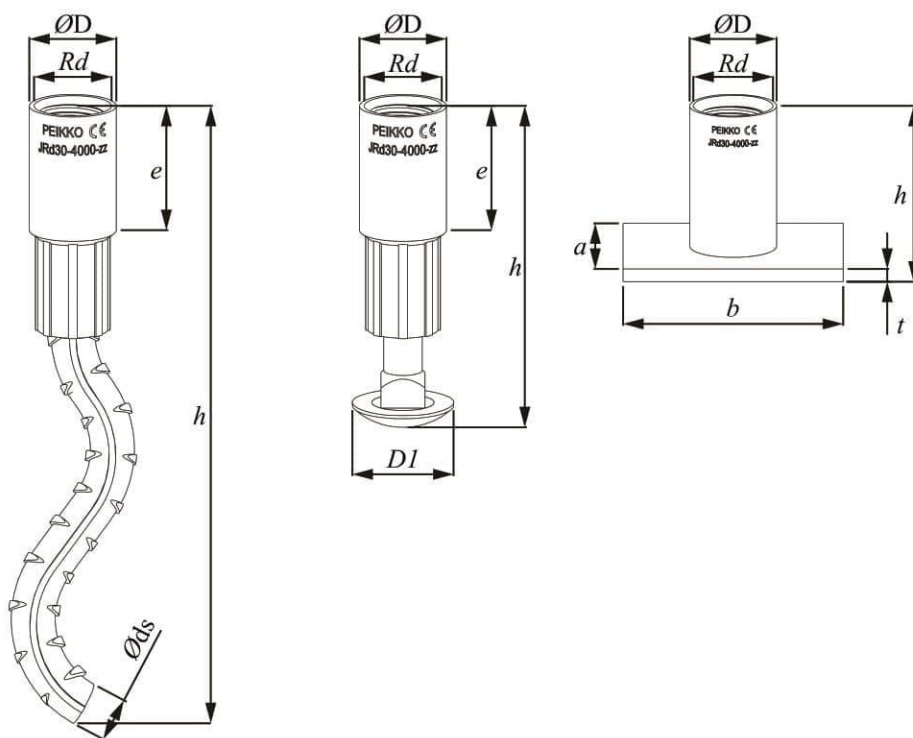
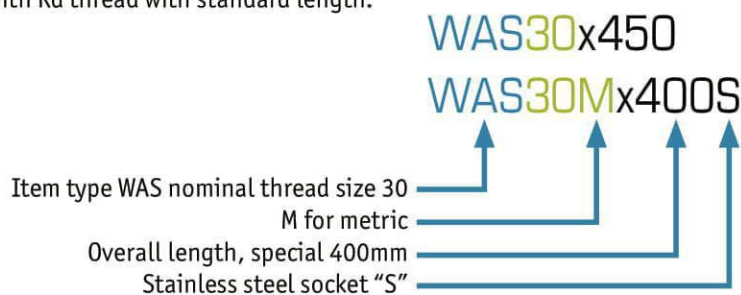


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØD1 [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117

Ordering example for Peikko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.



**PLEASE NOTE:**

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

**1.2.2 Weights of system components**

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
12	0.1	0.1	0.1
14	0.1	0.1	0.1
16	0.2	0.1	0.1
18	0.3	0.2	0.2
20	0.4	0.3	0.3
24	0.6	0.4	0.4
30	1.2	0.7	0.7
36	2.0		1.2
42	3.1		1.8
52			2.9

## 1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011  
 Machinery directive 2006/42/EC  
 VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLW) can be used at an angle  $\beta$  of 0–45°.

The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. **The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa.**

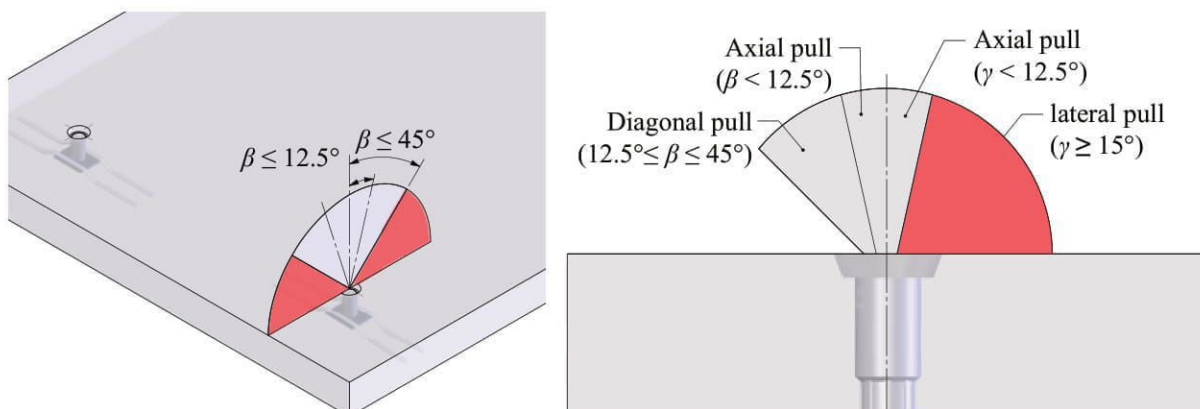


Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	Load Class	WAS SWL for $\beta$ 0–45° [kN]	BSA SWL for $\beta$ 0–45° [kN]	PSA SWL for $\beta$ 0–45°		
				at 15 MPa [kN]	at 20 MPa [kN]	at 25 MPa [kN]
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.

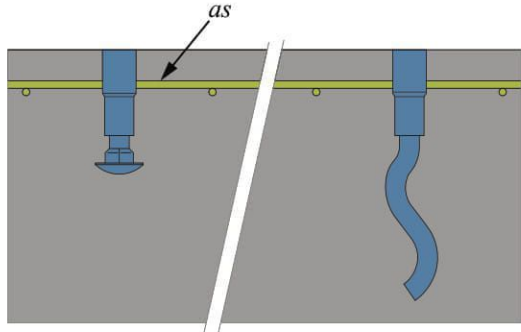




JENKA Short Inserts require only a top surface that must have a reinforcement layer. *Table 19* and *Table 20* show the required reinforcement level.

*Table 19. Reinforcement for JENKA BSA and WAS Short Inserts.*

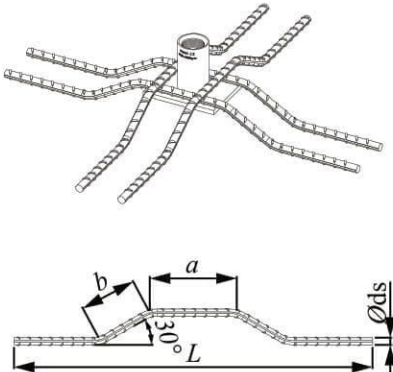
Item No. JRd/JM	BSA	WAS
	Surface reinforcement [#mm <sup>2</sup> /m]	Surface reinforcement [#mm <sup>2</sup> /m]
12	131	131
14	131	131
16	131	131
18	188	188
20	188	188
24	188	188
30	188	188
36		188
42		188



The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. *Table 20* illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

*Table 20. Reinforcement for JENKA PSA Short Inserts.*

Item No. JRd/JM	PSA surface Reinforcement [mm <sup>2</sup> /m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			$\varnothing ds$ [mm]	$L$ [mm]	$a$ [mm]	$b$ [mm]
12	131	2	6	250	60	60
14	131	2	6	360	60	70
16	131	2	8	420	90	70
18	188	2	8	530	90	80
20	188	2	8	640	90	80
24	188	4	10	640	90	100
30	221	4	12	830	90	110
36	221	4	14	1140	140	120
42	513	4	16	1250	140	120
52	513	4	20	1530	140	150



### 1.3 JENKA Lifting keys

#### 1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions. JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System’s insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in Figure 25 and Table 22. Peikko’s standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length  $h$  upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

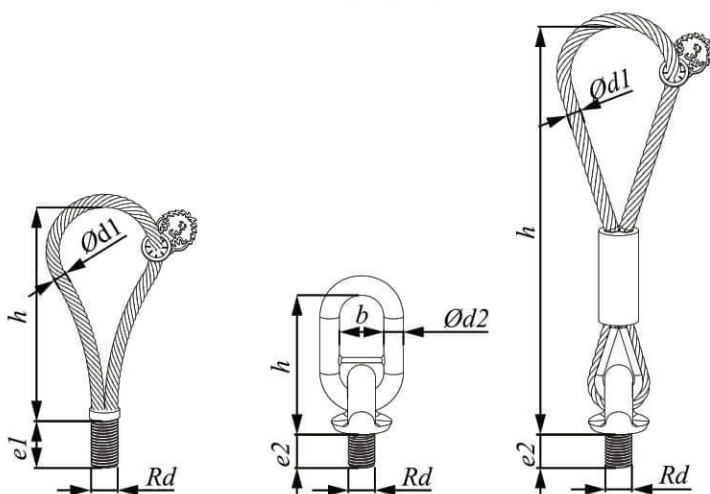


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for $\beta$ 0-45°	JL, JLW SWL for $\gamma$ of 90°
	Rd/M [mm]	Ød1 [mm]	Ød2 [mm]	e1 [mm]	e2 [mm]	B [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5

# PC PILES

## DESCRIPTION

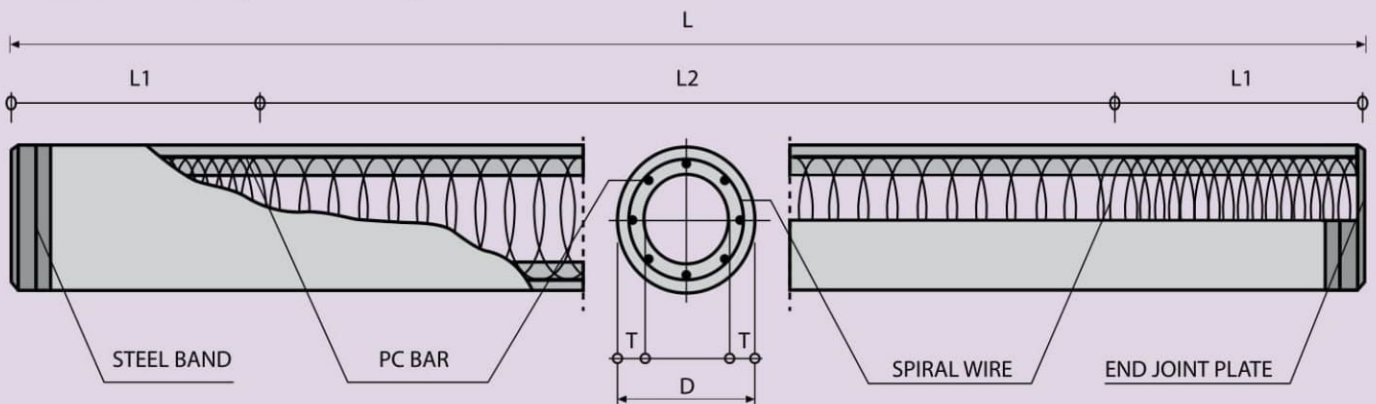
Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 -2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## SPUN PILE WITH TEKCON TECHNOLOGIES, WIKA CLT STANDARD

### UPPER / MIDDLE PILE (DOUBLE JOINT)



Outer Diameter of Piles D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Spiral Wire Diameter (mm)	Pitch		Length of Pitch	
			Zone L1 (mm)	Zone L2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
300	60	3.2	50	100	900	L - 2 (L1)
350	70	3.2	50	100	1050	L - 2 (L1)
400	75	3.2	50	100	1200	L - 2 (L1)
450	80	4.0	50	100	1350	L - 2 (L1)
500	90	4.0	50	100	1500	L - 2 (L1)
600	100	4.0	50	100	1800	L - 2 (L1)



## PRE-TENSIONED SPUN CONCRETE PILES SPECIFICATION

### Structural Properties

Outer Diameter (mm)	Concrete Wall Thickness (mm)	Class	PC. Bar			Concrete Sectional Area (cm <sup>2</sup> )	Concrete Moment Inertia (cm <sup>4</sup> )	Effective Prestress (kg/cm <sup>2</sup> )	Allowable Axial Load (ton)		Bending Moment		Nominal Weight (kg/m)
			Diameter (mm)	Number	Sectional Area (cm <sup>2</sup> )				BS.8004-1986	ACI 543-1979	Cracking (t.m)	Ultimate (t.m)	
300	60	A	7.4	6	2.40	452	35472	47.03	64	73	2.7	3.5	118
350	70	A	7.4	8	3.20	616	65683	46.15	87	99	4.3	5.5	161
400	75	A	7.4	10	4.00	766	109130	46.37	108	123	6.2	7.9	200
		B	9.2	12	7.68	766	111559	82.55	101	118	8.4	15.1	200
450	80	A	9.2	8	5.12	930	170951	48.65	131	149	8.8	11.4	242
		B	9.2	16	10.24	930	175332	89.27	121	141	12.2	22.7	242
500	90	A	9.2	10	6.40	1159	262048	48.77	163	186	12.2	15.8	302
		B	9.2	18	11.52	1159	267428	81.91	154	178	16.0	28.4	302
600	100	A	9.2	12	7.68	1571	522509	43.63	223	253	19.3	22.7	409
		B	9.2	24	15.36	1571	534509	80.79	209	242	26.4	45.4	409

- Note : 1) TEKCON PC Piles are manufacture in compliance with JIS A 5335-1987 Pretensioned Spun Concrete Piles and generally conforming to other specification (ACI 543-1979 & BS.8004-1986 / BS.8110-1985) (ACI 543-1979)
- 2) PC Bar and Spiral Wires comply with JIS G 3137 -1994 and BS.4482 respectively
- 3) Allowable Axial Load is applicable for pile acting as a short strut. Calculation is based on BS.8004-1986 Foundation & ACI 543-1979
- 4) Minimum compressive strength of concrete at age 28 days shall be 60 N/mm<sup>2</sup>
- 5) Standard piles length is 6 M, 9 M, 10 M and 12 M
- 6) Modification of the properties can be made upon orders
- 7) We have a right to modify our manufacturing specification without any prior notice

## PRE-TENSIONED SPUN HIGH STRENGTH CONCRETE PILES SPECIFICATION

### Grade 80 Piles

Outer Diameter (mm)	Concrete Wall Thickness (mm)	Class	PC. Bar			Concrete Sectional Area (cm <sup>2</sup> )	Concrete Moment Inertia (cm <sup>4</sup> )	Effective Prestress (kg/cm <sup>2</sup> )	Allowable Axial Load (ton)		Bending Moment		Nominal Weight (kg/m)
			Diameter (mm)	Number	Sectional Area (cm <sup>2</sup> )				ACI 543-1979	Cracking (t.m)	Ultimate (t.m)		
300	60	A	7.1	6	2.37	452	35416	49.59	102		2.88	3.16	118
350	70	A	7.1	8	3.17	616	65533	48.71	139		4.54	6.75	161
400	75	A	7.1	10	3.96	766	108803	48.97	173		6.61	9.73	200
		B	9	12	7.63	766	111001	87.45	165		8.88	13.51	200
450	80	A	9	8	5.09	930	170556	51.59	209		9.41	10.13	242
		B	9	16	10.17	930	174626	94.54	198		12.97	20.27	242
		C	9	20	12.72	930	176660	112.77	194		14.55	25.34	242
500	90	A	9	10	6.36	1159	261750	51.78	261		13.02	14.08	302
		B	9	18	11.45	1159	266994	86.95	250		17.04	25.34	302
		C	9	24	15.26	1159	270927	109.67	243		19.75	33.78	302
600	100	A	9	12	7.63	1571	522308	44.38	356		20.36	29.87	409
		B	9	24	15.26	1571	534365	82.21	340		27.57	48.61	409
		C	9	32	20.35	1571	542404	103.80	331		31.89	55.53	409

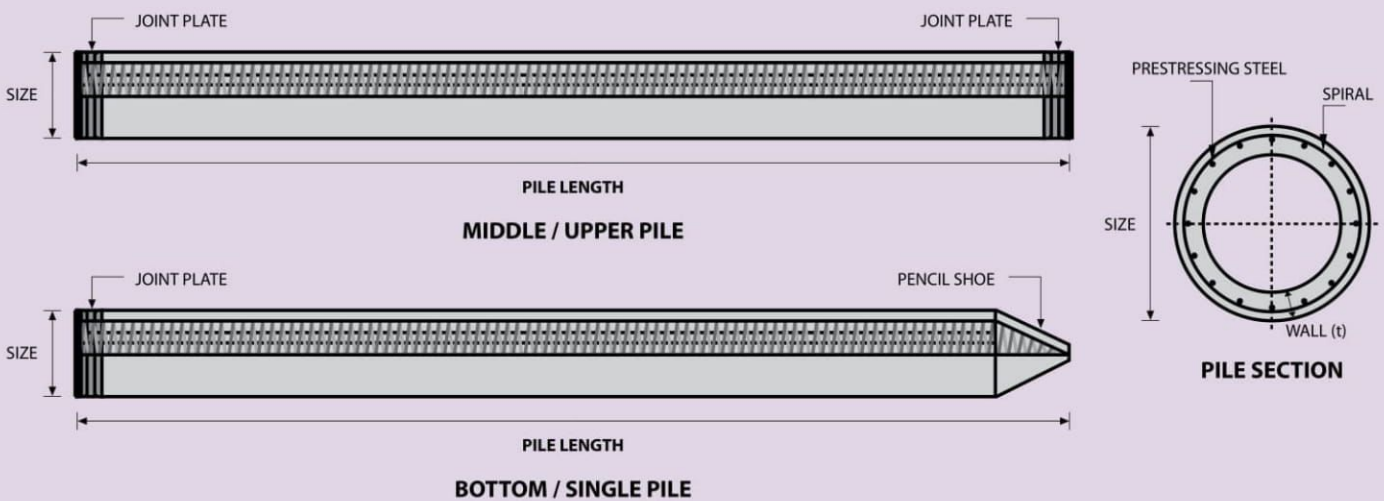
- Note : 1) TEKCON PC Piles are manufacture in compliance with JIS A 5335-1987 Pretensioned Spun Concrete Piles and generally conforming to other specification (ACI 543-1979)
- 2) PC Bar and Spiral Wires comply with JIS G 3137 -1994 and BS.4482 respectively
- 3) Allowable Axial Load is applicable for pile acting as a short strut. Calculation is based on ACI 543-1979
- 4) Minimum compressive strength of concrete at age 28 days shall be 80 N/mm<sup>2</sup>
- 5) Standard piles length is 6 M, 9 M, 10 M and 12 M
- 6) Modification of the properties can be made upon orders
- 7) We have a right to modify our manufacturing specification without any prior notice



## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm <sup>2</sup> ) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



# PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

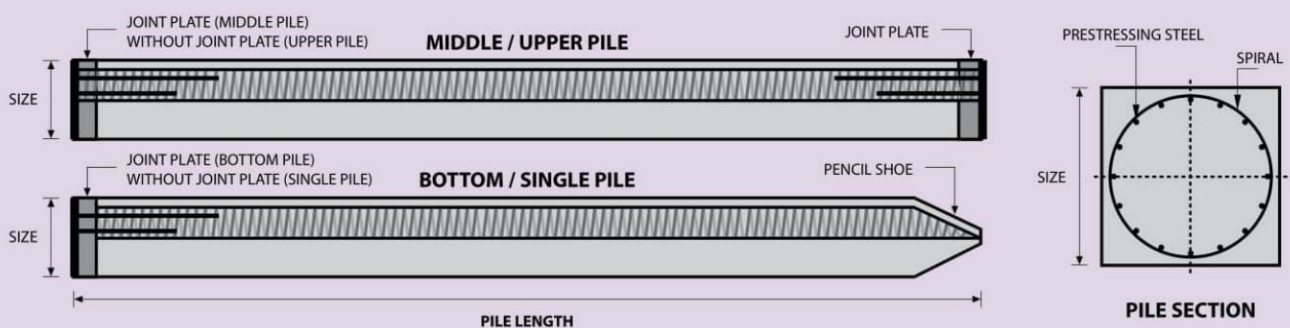
Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

\*\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES





# PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)	Splice Class	
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body $M_{crack}$	Optional
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6 - 9	I	II
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6 - 10	III	IV
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11	II	-
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6 - 11	I	II
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11	IV	V
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6 - 11	III	IV/V
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6 - 12	II	-
				D	4.92	9.34	111.60	61.90	6 - 12	I	III/IV/V
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11	III	IV
				B	6.07	8.72	160.68	50.90	6 - 12	II	-
				C	6.63	10.90	157.45	63.10	6 - 12	I	IV
				D	7.30	13.08	154.32	75.00	6 - 13	I	III/IV
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12	IV	V
				B	8.71	12.45	210.60	63.80	6 - 12	III	IV/V
				C	9.51	14.95	207.32	76.00	6 - 13	II	III/IV/V
				D	11.82	22.42	198.01	111.60	6 - 14	I	II/III/IV/V
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12	III	IV
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6 - 13	III	IV
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6 - 13	II	III/IV
				D	14.78	25.22	257.88	113.30	6 - 14	I	II/III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13	III	IV
				B	16.19	21.79	331.72	89.90	6 - 13	II	III/IV
				C	17.21	24.91	328.38	102.20	6 - 14	I	II/III/IV
				D	18.22	28.02	325.09	114.50	6 - 14	I	II/III/IV

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

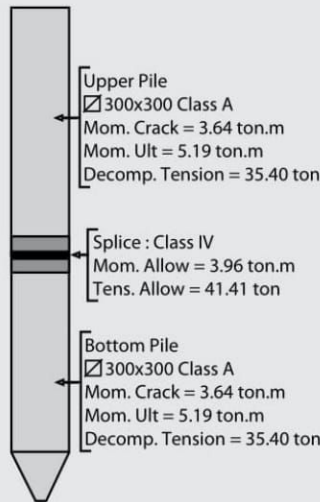
## TYPICAL SPLICE SPECIFICATION

Size (mm)	Class	Bending Moment		Tension	
		Allowable (ton.m)	Ultimate (ton.m)	Allowable (ton)	Ultimate (ton)
200 x 200	I	1.56	2.11	41.82	47.05
	II	0.76	1.02	16.34	18.38
250 x 250	I	3.17	4.28	55.22	62.12
	II	2.99	4.03	41.41	46.59
	III	2.34	3.17	41.41	46.59
	IV	1.29	1.74	24.50	27.57
300 x 300	I	5.96	8.05	83.64	94.10
	II	4.53	6.12	62.73	70.57
	III	4.28	5.78	55.22	62.12
	IV	3.96	5.35	41.41	46.59
	V	2.34	3.16	24.50	27.57
350 x 350	I	7.67	10.35	83.64	94.10
	II	6.81	9.19	83.64	94.10
	III	5.71	7.71	55.22	62.12
400 x 400	IV	3.30	4.45	27.61	31.06
	I	12.20	16.47	117.95	132.69
	II	11.28	15.23	88.46	99.52
	III	9.41	12.71	83.64	94.10
	IV	8.58	11.58	62.73	70.57
450 x 450	V	3.97	5.36	27.61	31.06
	I	15.80	21.33	147.43	165.86
	II	14.07	19.00	117.95	132.69
500 x 500	III	13.02	17.57	88.46	99.52
	IV	6.55	8.84	41.82	47.05
	I	19.72	26.63	118.60	133.43
	II	16.51	22.29	117.95	132.69
500 x 500	III	15.14	20.43	88.46	99.52
	IV	7.56	10.21	41.82	47.05

## EXAMPLES OF SPLICE SELECTION

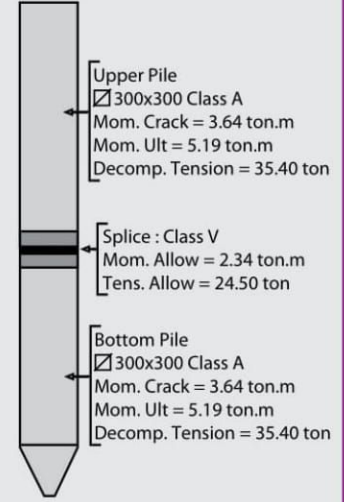
### Case 1 : Compatible to Body Moment Crack

Splice of PC Piles having equivalent performance to the crack bending moment of the main body.

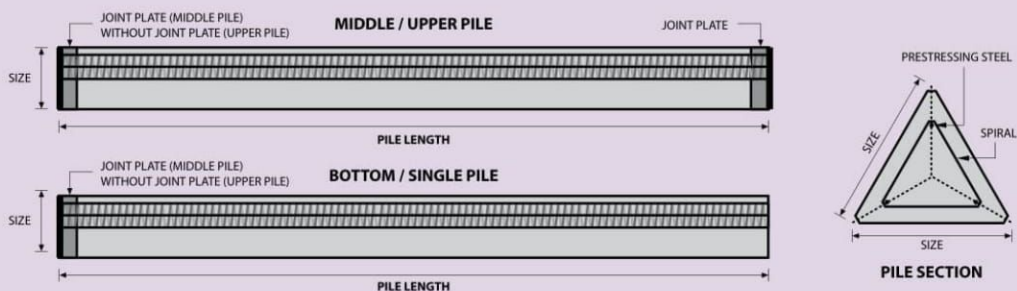


### Case 2 : Optional Splice

Application of optional splices should be approved by structure designer.



## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



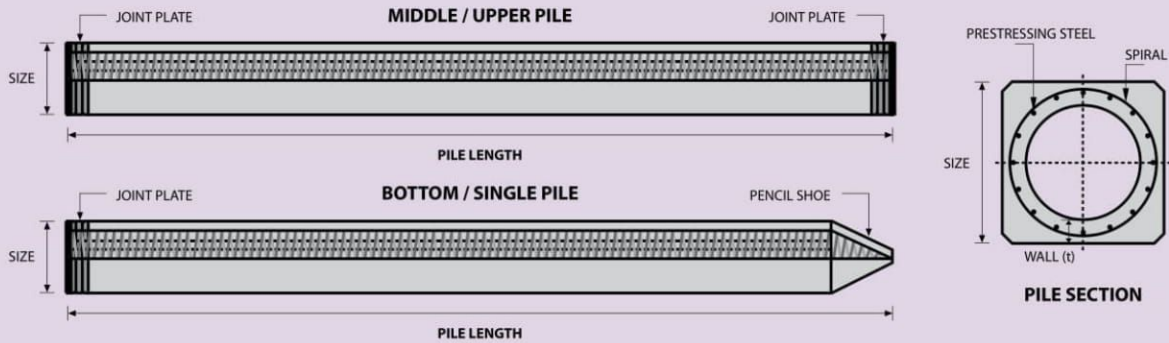
## PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight ( $\text{kg/m}$ )	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile* (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
280	318.7	9,080.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	6 - 8
				B	0.90	1.77	39.50	6 - 9
320	422.6	16,188.90	105.7	A	0.89	1.11	57.02	6 - 8
				B	1.20	2.15	54.10	6 - 9

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



## PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight ( $\text{kg/m}$ )	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile* (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
400 X 400	75	1109.13	194,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6 - 13
					A3	8.00	12.00	180.62	45.30	6 - 14
					B	10.00	18.00	173.15	73.10	6 - 15
					C	11.00	22.00	169.49	91.70	6 - 16
450 X 450	80	1364.48	307,000	341	A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6 - 13
					A2	11.00	17.00	222.95	52.90	6 - 15
					A3	13.00	20.90	219.05	67.10	6 - 16
					B	13.50	24.00	215.32	80.90	6 - 16
					C	15.50	31.00	208.10	114.00	6 - 16

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

## PRODUCT APPLICATION



Piles foundation for Power Plant or Industrial Factory



Piles for Marine Structure



Piles Foundation for Building



Piles Foundation for Bridges

## PT CITRA LAUTAN TEDUH

### Head Office & Factory

Jl. Hang Jebat Km. 01 Batu Besar, Batam - Indonesia | Ph. (062) 778 761185, 761186 | Fax. (062) 778 761184 | Visit us : <http://www.wikact.co.id>

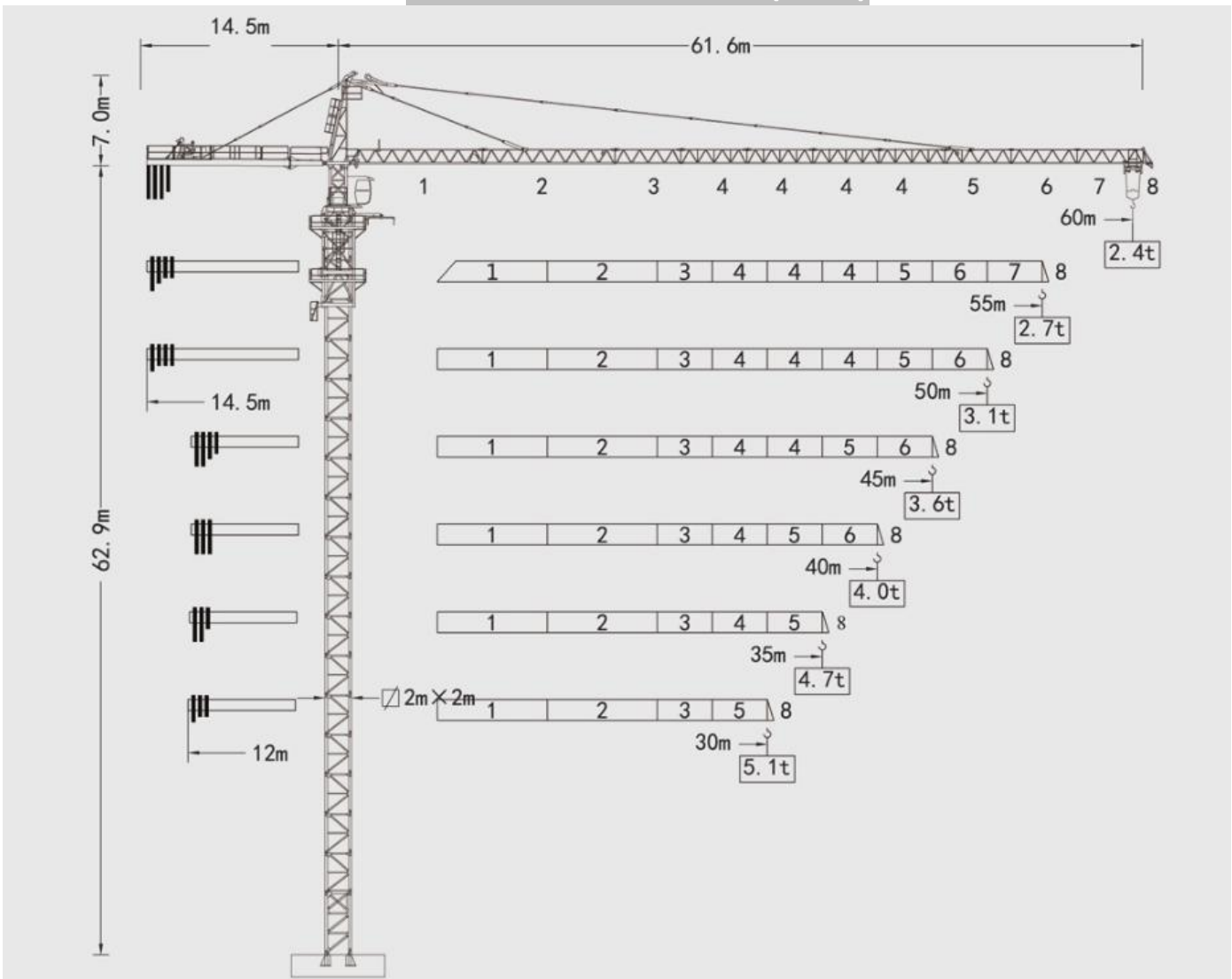
### Factory Support

Binjai (North Sumatera), Tegineneng (Lampung South Sumatera), Kalianda (Lampung, South Sumatera), Bogor, Karawang, Majalengka (West Java), Boyolali (Central Java), Pasuruan (East Java), Balikpapan (East Borneo-in Progress), Makassar (South Celebes)



# ZZF Industri Indonesia PT

## TOWER CRANE QTZ160(6024)



### 平衡重 Balance Weight

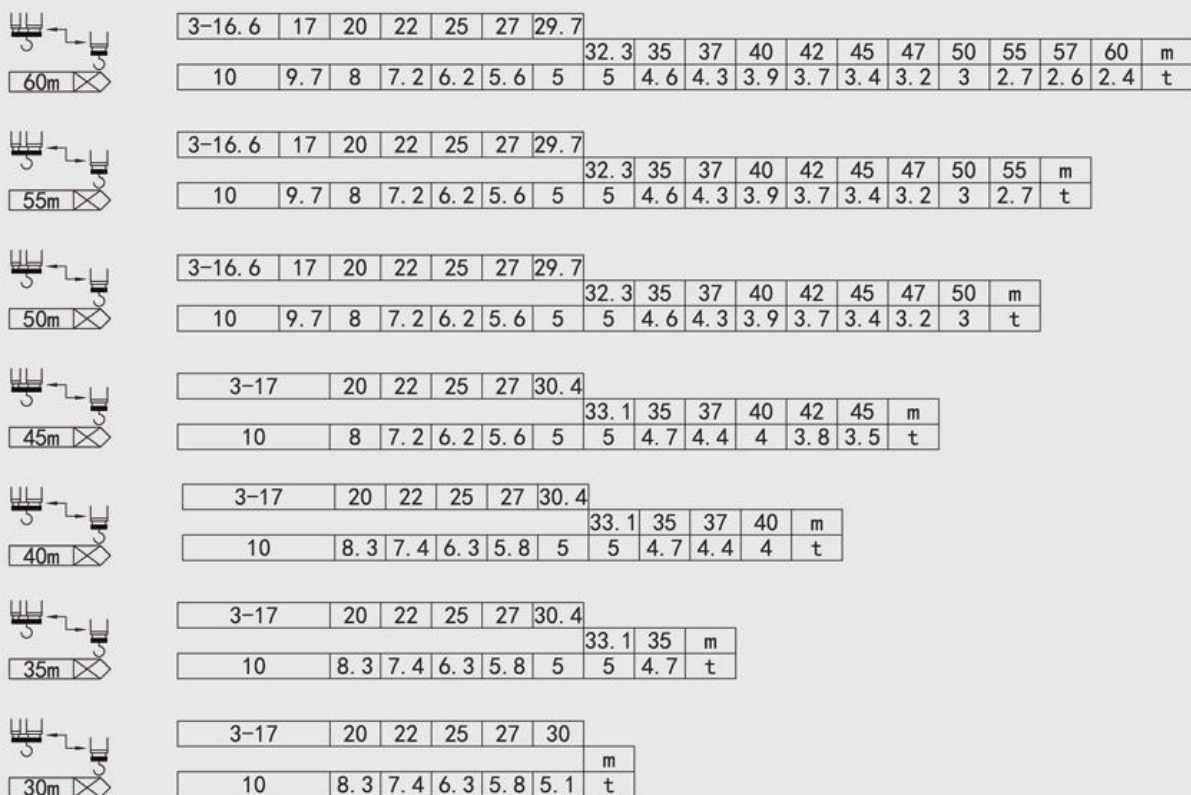
Diagram 1	Diagram 2	Diagram 3	Diagram 4	Diagram 5	Diagram 6
60m	14.5m	3A+1B=18.6t	40m	12m	3A=14.4t
55m	14.5m	1A+1B+2C=15.8t	35m	12m	2A+1C=13.0t
50m	14.5m	1B+3C=14.4t	30m	12m	1B+2C=11.0t
45m	12m	2A+1B+1C=17.2t	● A=4.8t B=4.2t C=3.4t		

### 基础载荷 Foundation Load

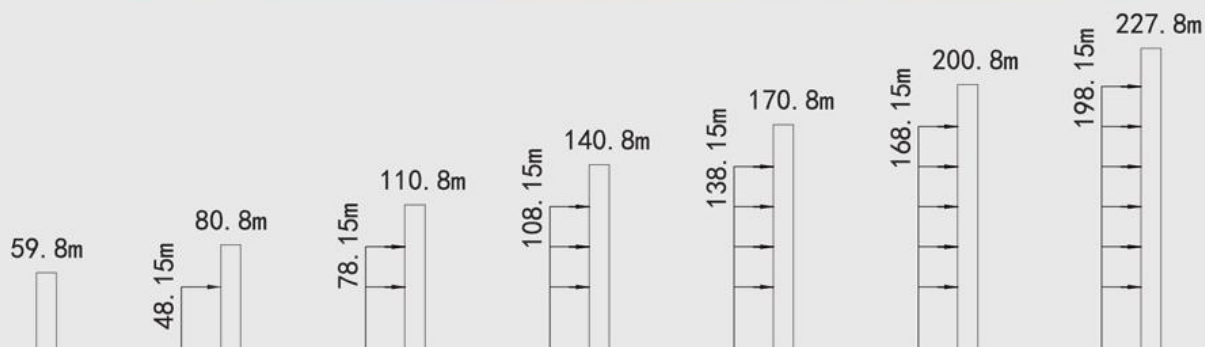
	V (KN)	M <sub>k</sub> (KN · m)	M (KN · m)	F1 (KN)	F2 (KN)	
● 工作状态 In service	984	289	34	2068	1021	529
■ 非工作状态 Out of service	824	0	175.7	5625	2316	1904

● 工作状态 In service    ■ 非工作状态 Out of service    F 反力 Reactions

## 负荷特性 Load Diagrams

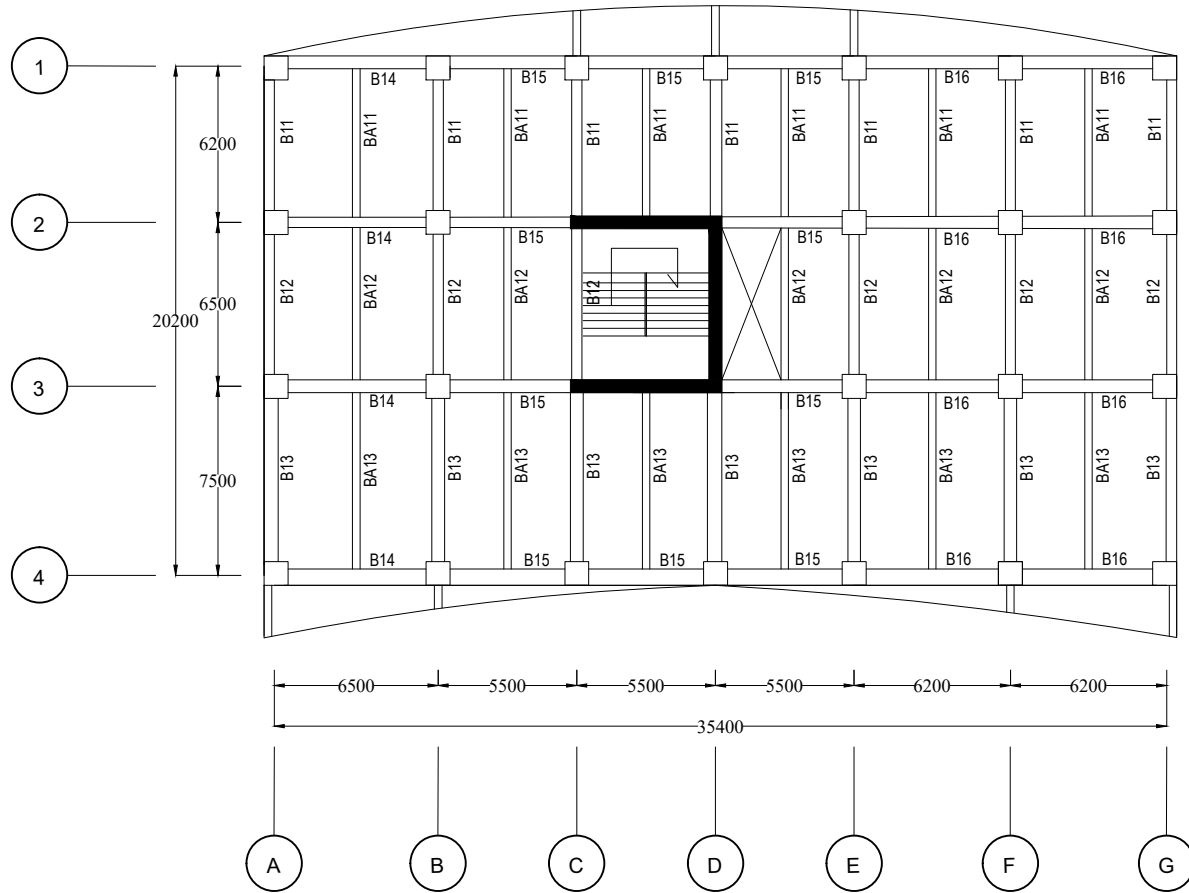


## 附着 Anchorages



## 机构 Mechanisms

起升 Hoisting		倍率Fall	/				
		速度Speed	m/min	0~45	45~90	0~22	22~45
		起重量Load Capacity Weight	t	5.0	2.5	10	5.0
		功率Power	KW	45			
变幅 Trolleying		速度Speed	m/min	0~63			
		功率Power	KW	5.5			
回转 Slewing		速度Speed	r/min	0~0.7			
		功率Power	KW	5.5×2			
顶升 Jacking		速度Speed	m/min	0.55			
		工作压力Operating Pressure	MPa	35			
		功率Power	KW	11			
总功率 Total Power		KW	61.5(不含顶升机构)				



DENAH BALOK  
SKALA 1:300

BALOK INDUK		BALOK ANAK	
KODE BALOK	DIMENSI	KODE BALOK	DIMENSI
B11	400 x 600 mm	BA11	350 x 450 mm
B12	400 x 600 mm	BA12	350 x 450 mm
B13	500 x 650 mm	BA13	350 x 450 mm
B14	400 x 600 mm		
B15	400 x 600 mm		
B16	400 x 600 mm		



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

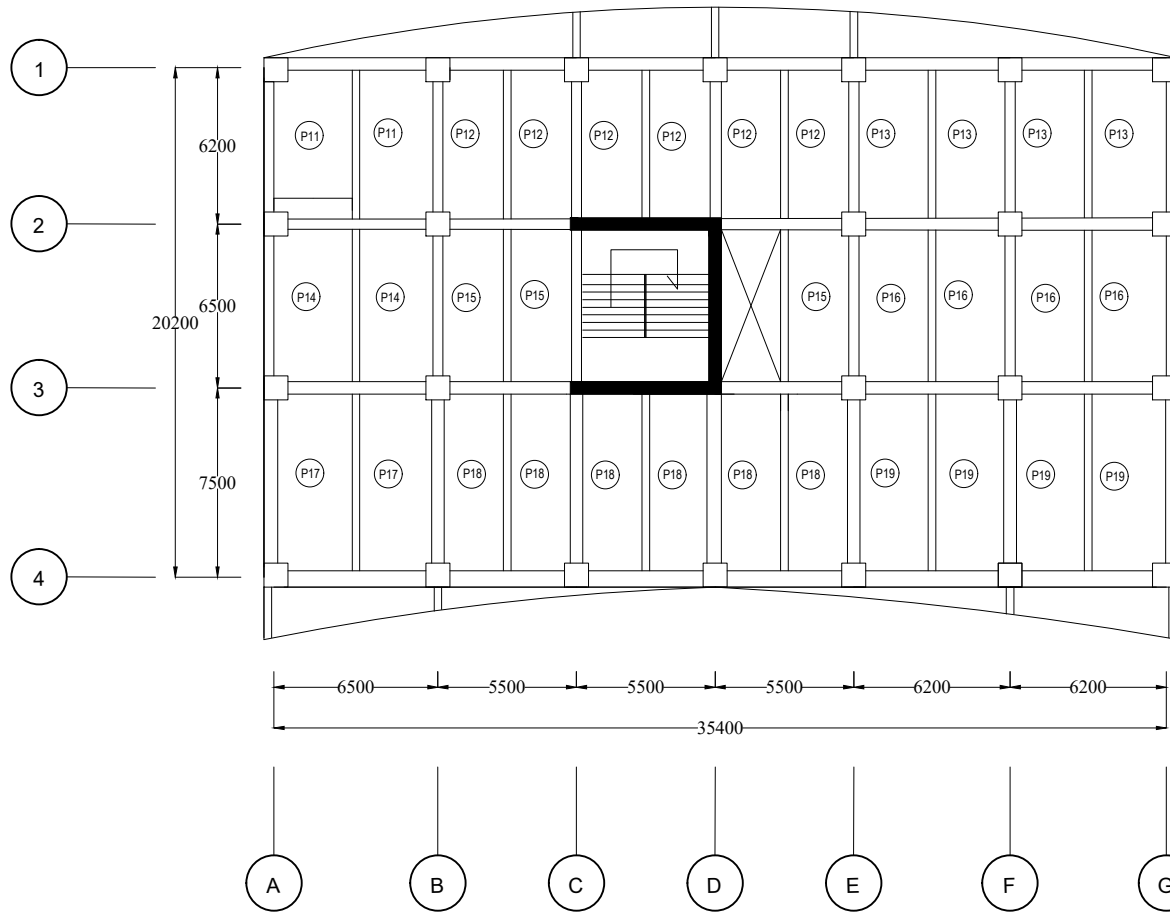
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
1

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Denah Balok

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169



DENAH PLAT  
SKALA 1:300

PLAT		BALOK ANAK	
KODE PLAT	DIMENSI	KODE PLAT	DIMENSI
P11	3250 x 6200 mm	P17	3250 x 7500 mm
P12	2750 x 6200 mm	P18	2750 x 7500 mm
P13	3100 x 6200 mm	P19	3100 x 7500 mm
P14	3250 x 6500 mm		
P15	2752 x 6500 mm		
P16	3100x 6500 mm		



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

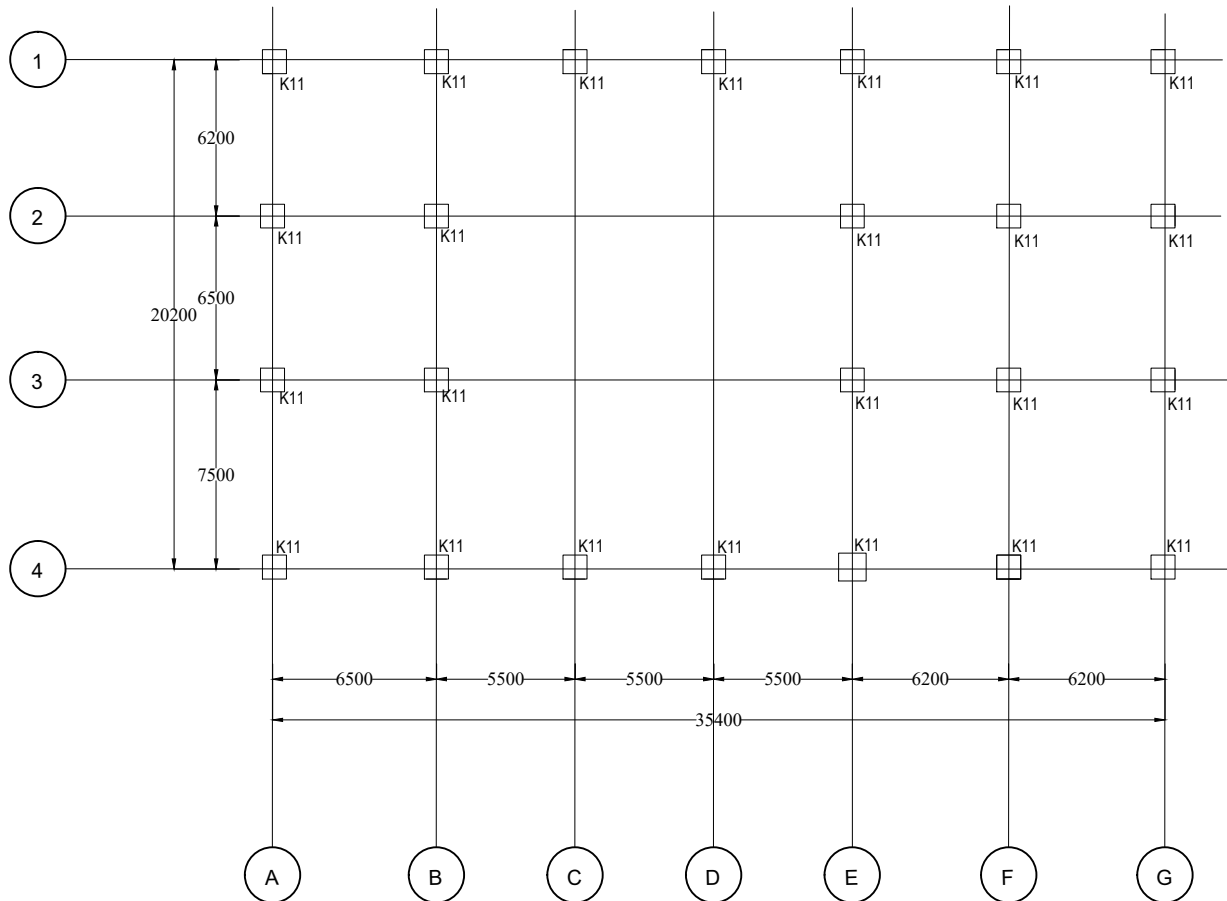
NO LEMBAR  
2


JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Denah Balok

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169

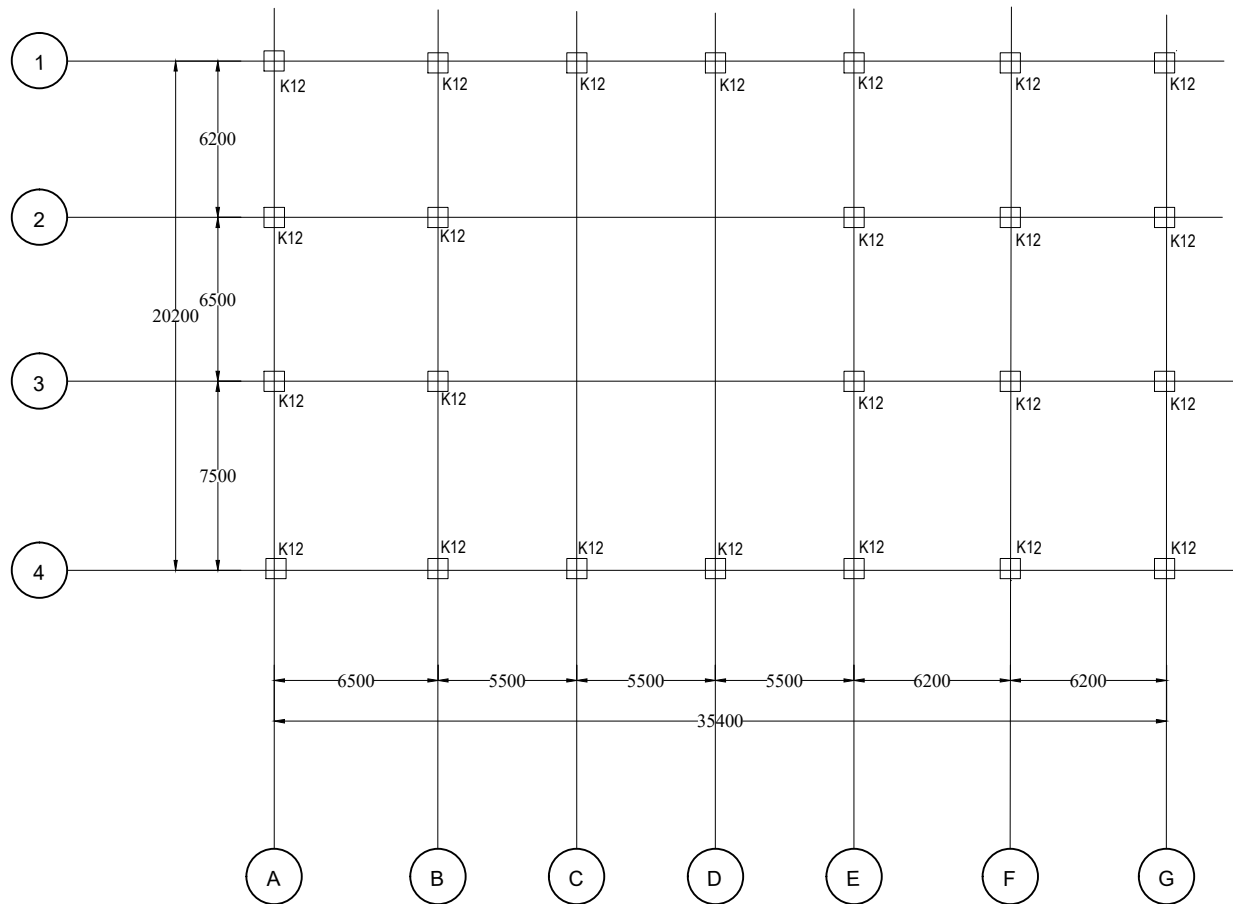






**DENAH KOLOM K11 (LT 1-5)**  
 SKALA 1:300

KOLOM	
KODE KOLOM	DIMENSI
K11	950 x 950 mm

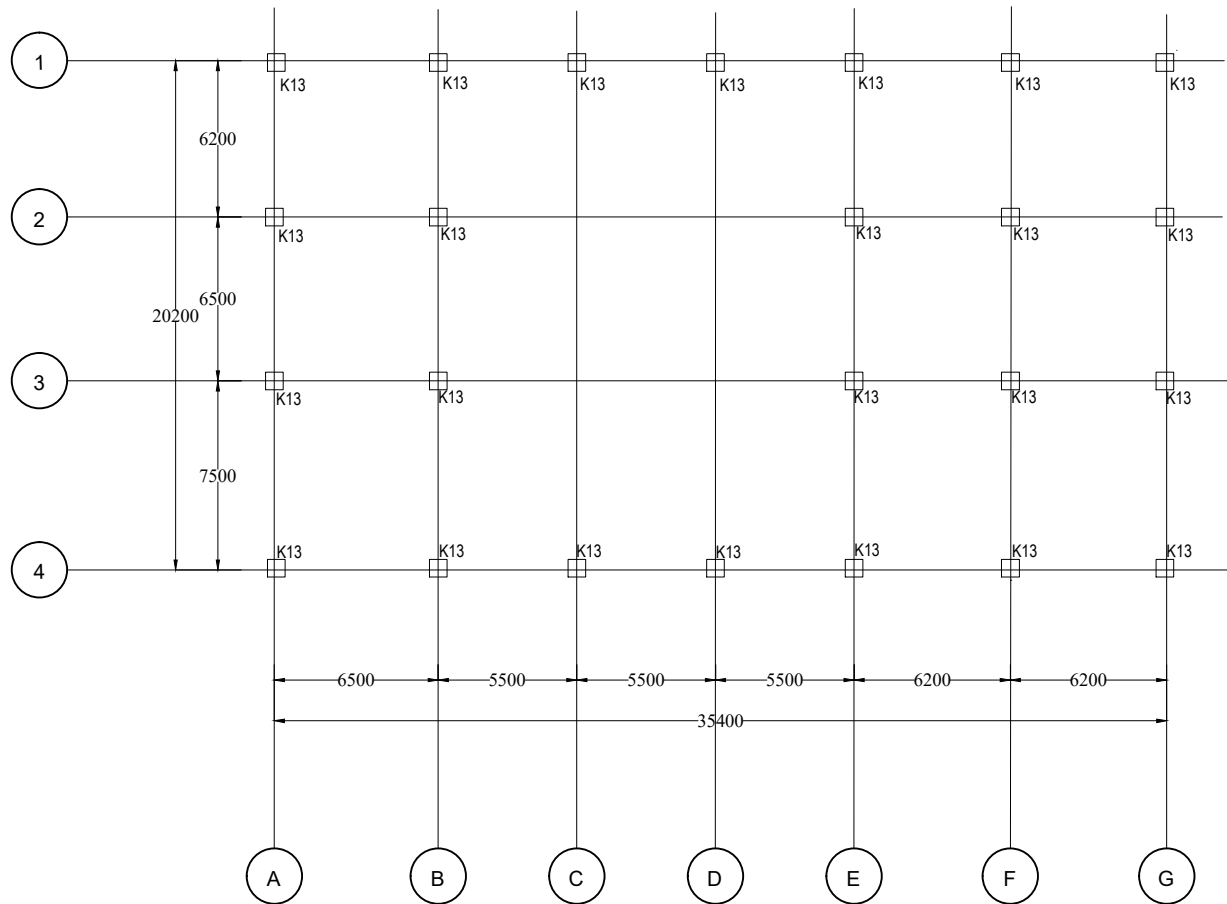






**DENAH KOLOM K12 (LT 6-10)**  
 SKALA 1:300

KOLOM	
KODE KOLOM	DIMENSI
K12	800 x 800 mm






**DENAH KOLOM K13 (LT 11-15)**  
 SKALA 1:300

KOLOM	
KODE KOLOM	DIMENSI
K13	700 x 700 mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR**  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

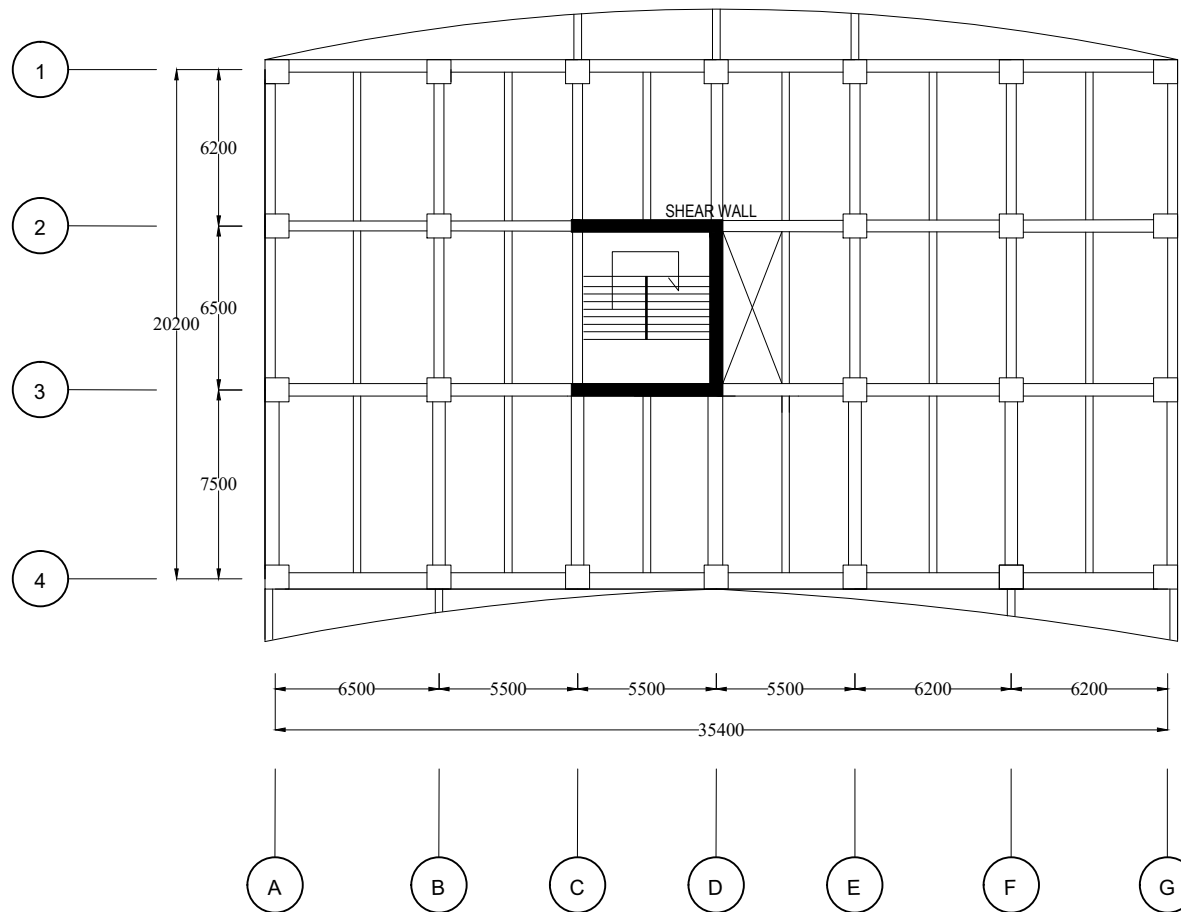
**DOSEN ASISTENSI**  
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.


**NO LEMBAR**  
 5

**JUMLAH LEMBAR**  
 41

**NAMA GAMBAR**  
 Denah Kolom Lantai 11-15

**NAMA MAHASISWA**  
 Alnardo Khotani  
 03111640000169




**DENAH SHEAR WALL**  
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR**  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

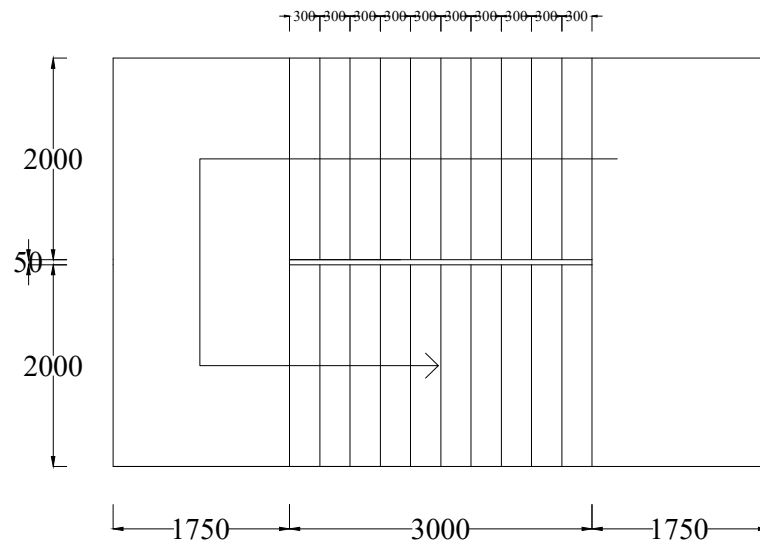
**DOSEN ASISTENSI**  
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

**NO LEMBAR**  
 6

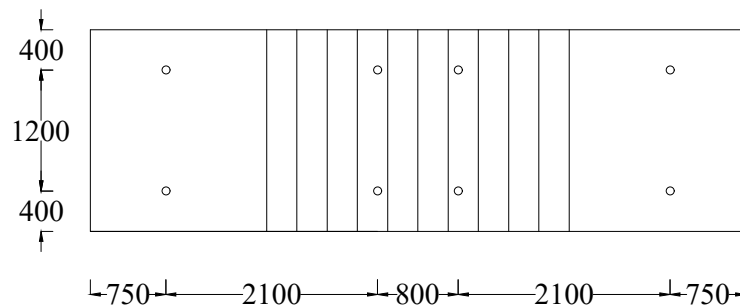
**JUMLAH LEMBAR**  
 41

**NAMA GAMBAR**  
 Denah Shear Wall

**NAMA MAHASISWA**  
 Alnardo Khotani  
 03111640000169



DENAH TANGGA  
SKALA 1:75



TITIK ANGKAT TANGGA  
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

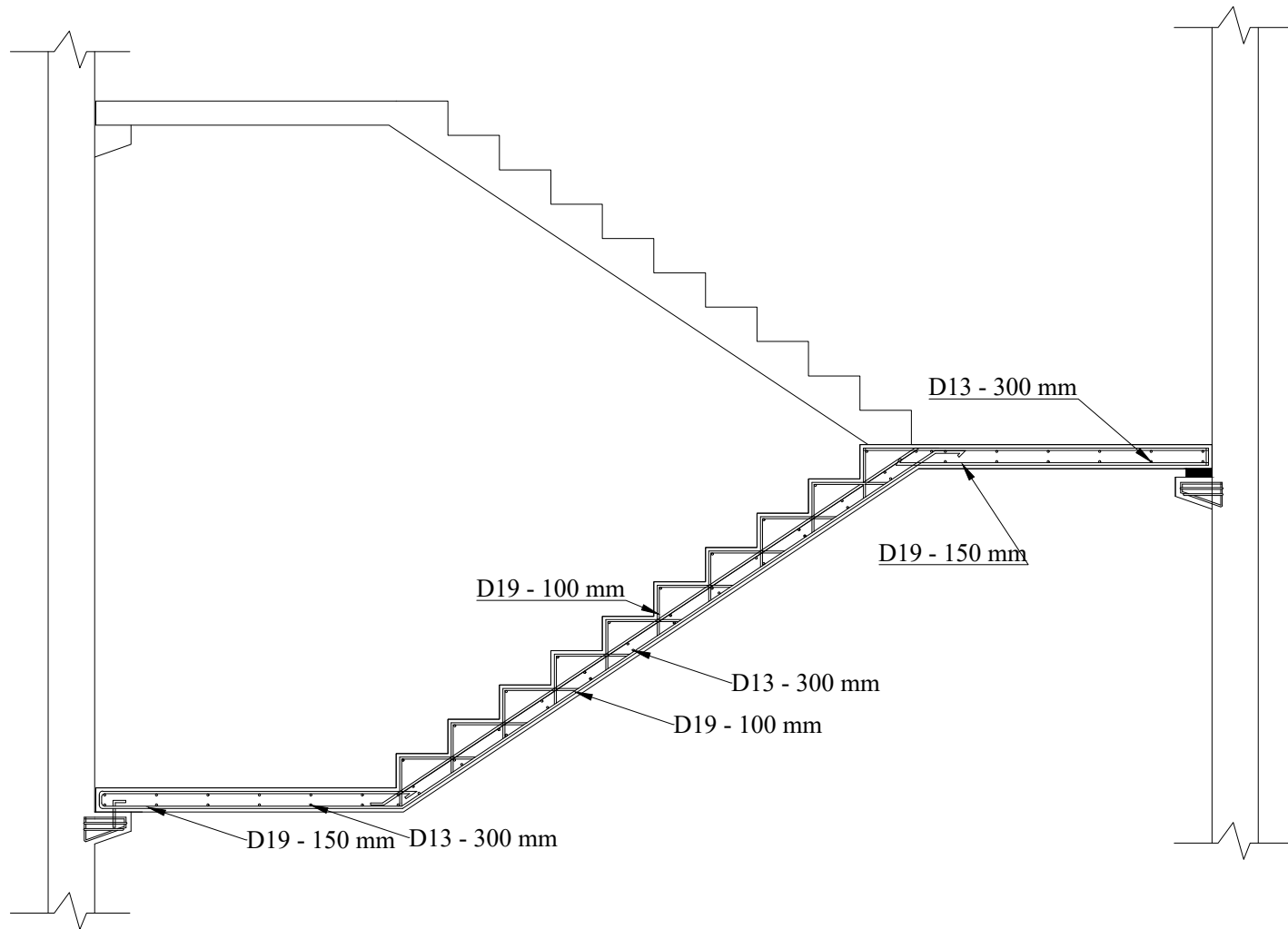
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
7

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Denah Tangga

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



POTONGAN A-A

SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

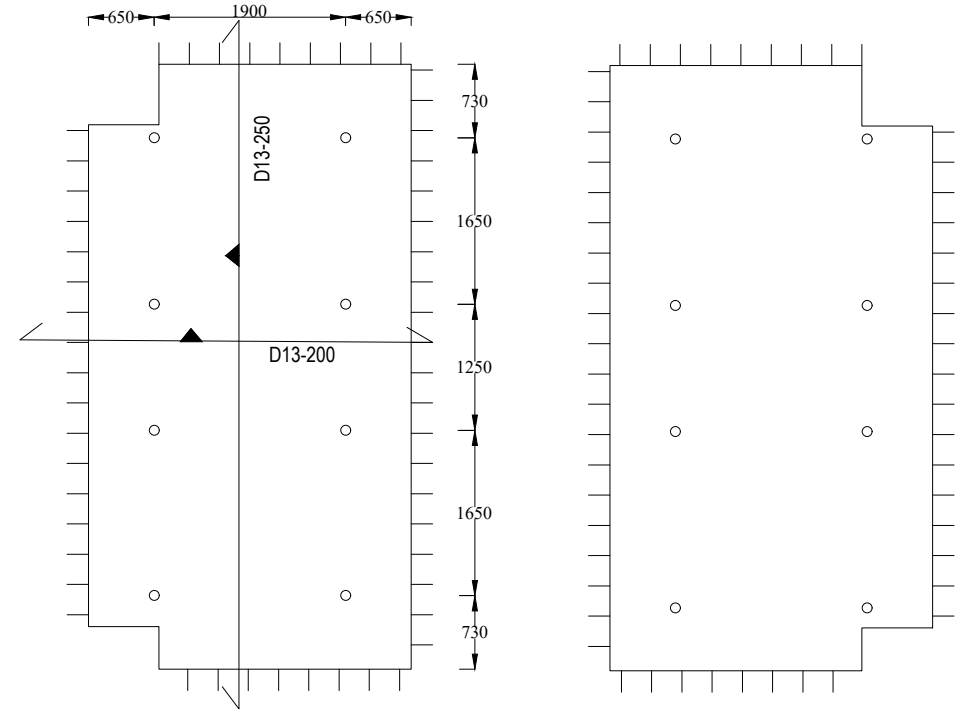
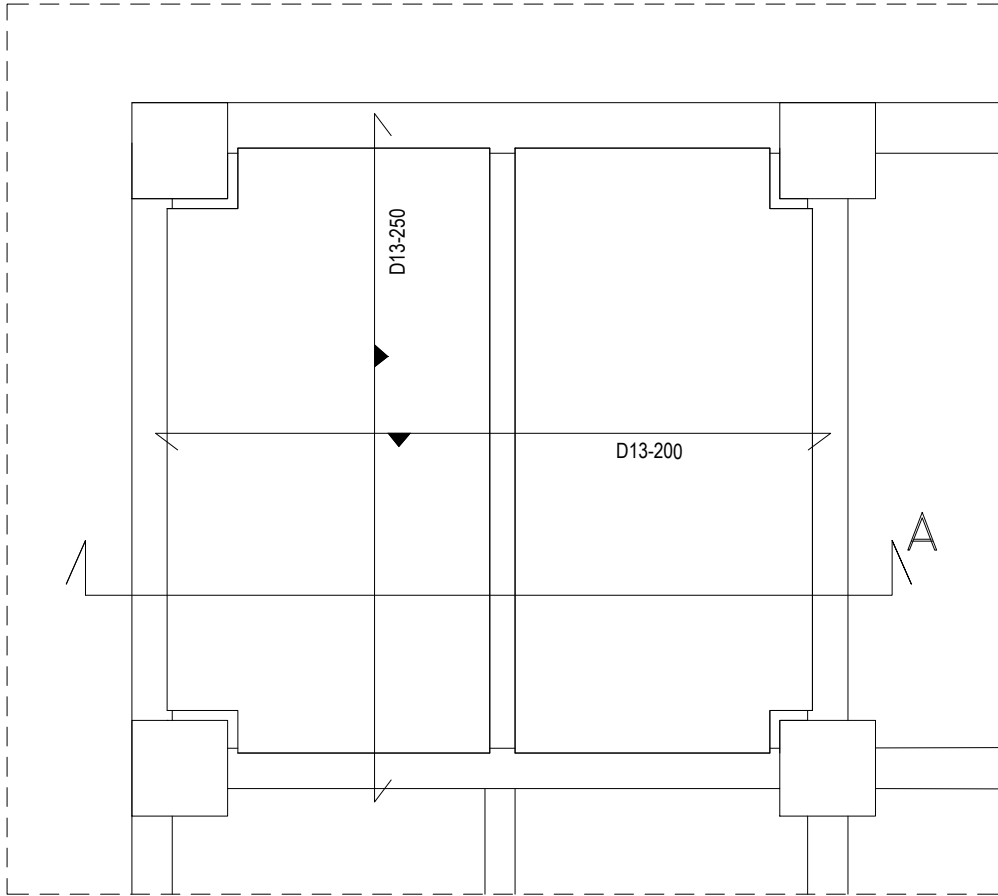
DOSEN ASISTENSI  
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
 8

JUMLAH LEMBAR  
 41

NAMA GAMBAR  
 Potongan A-A

NAMA MAHASISWA  
 Alnardo Khotani  
 03111640000169



DETAIL PLAT P11

SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

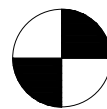
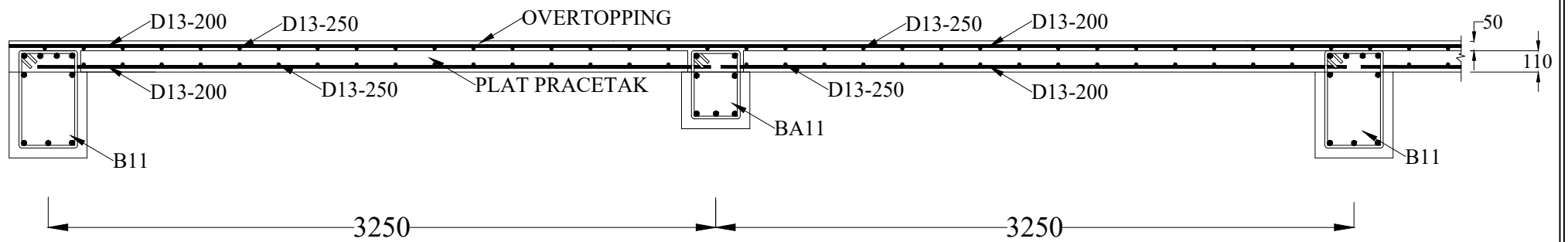
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
9

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Plat

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



POTONGAN A-A

SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

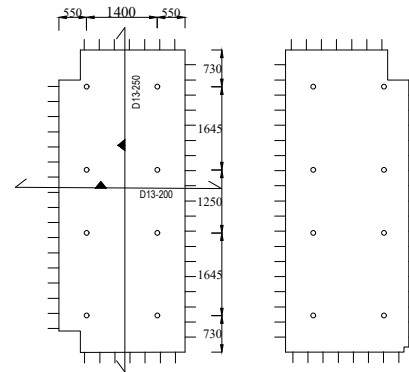
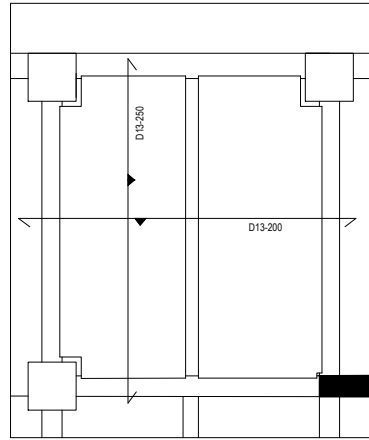
NO LEMBAR  
10

JUMLAH LEMBAR  
41

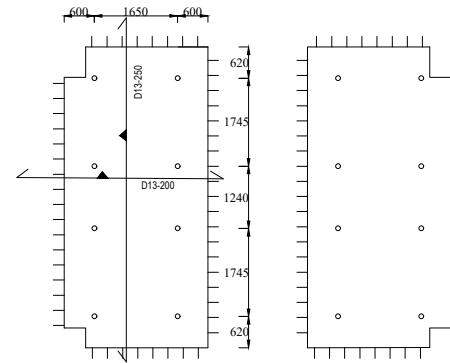
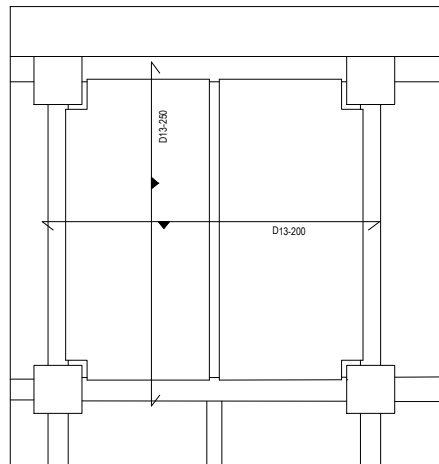
NAMA GAMBAR  
Detail Plat

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169





DETAIL PLAT P12  
SKALA 1:150



DETAIL PLAT P13  
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

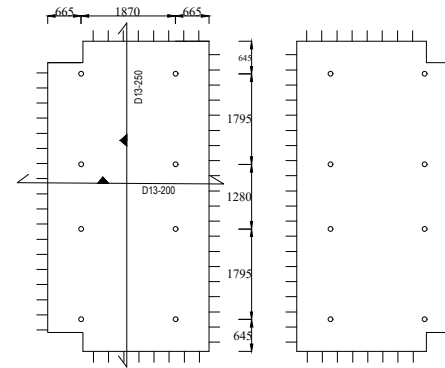
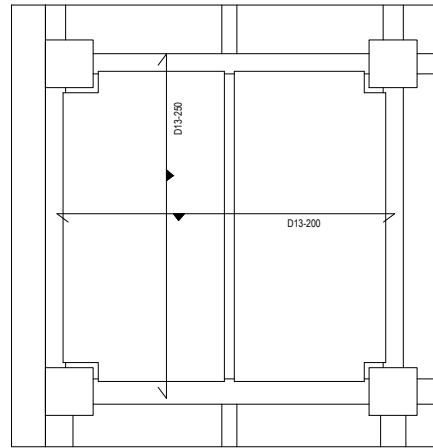
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
11

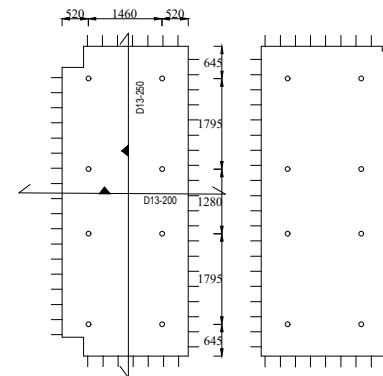
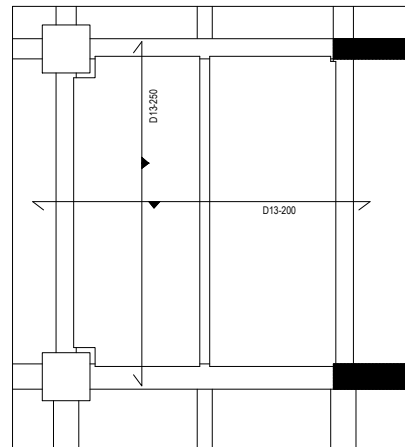
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Plat

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



DETAIL PLAT P14  
SKALA 1:150



DETAIL PLAT P15  
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

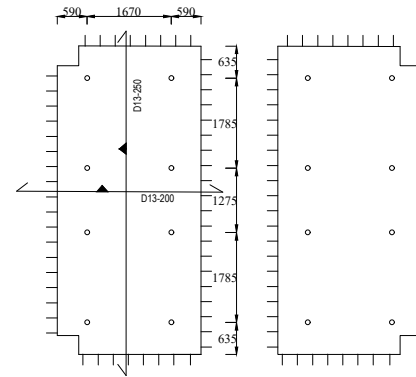
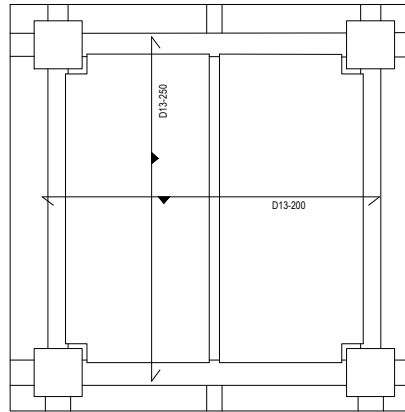
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
12

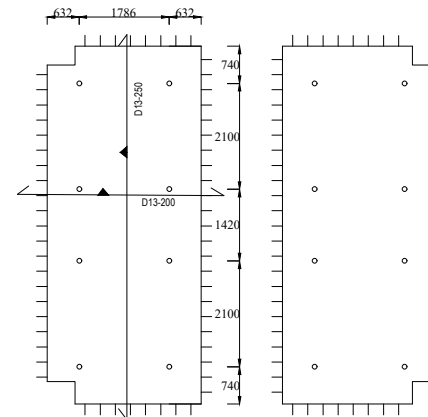
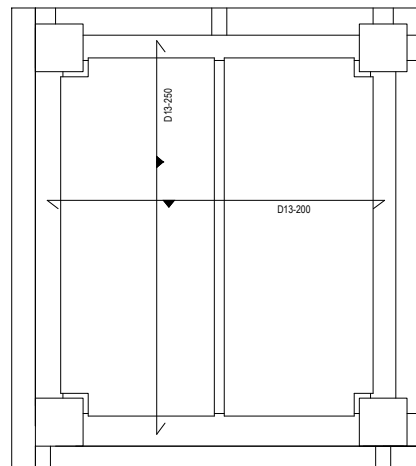
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Plat

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



DETAIL PLAT P16  
SKALA 1:150



DETAIL PLAT P17  
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

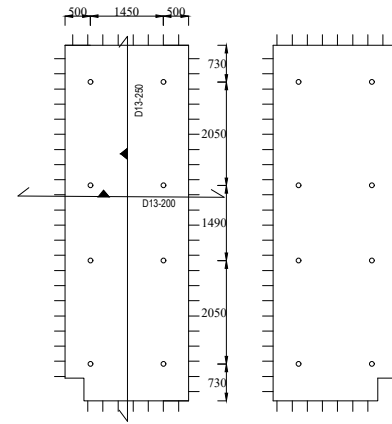
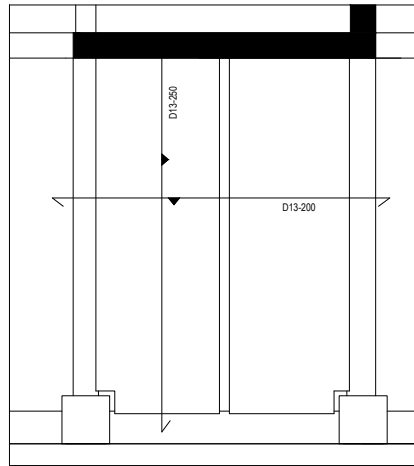
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
13

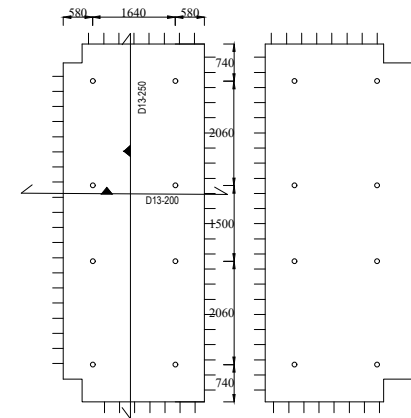
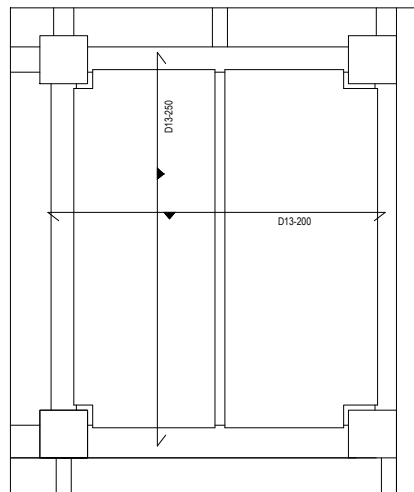
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Plat

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



DETAIL PLAT P18  
SKALA 1:150



DETAIL PLAT P19  
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

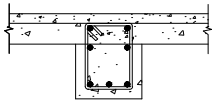
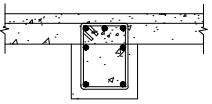
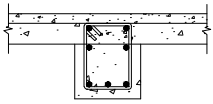
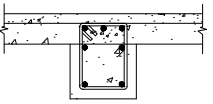
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

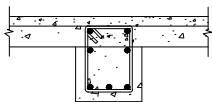
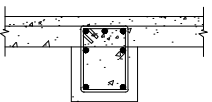
NO LEMBAR  
14

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Plat

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169

TIPE BALOK	BA11		BA12	
POSISI	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
DETAIL BALOK				
DIMENSI	350 x 450 mm	350 x 450 mm	350 x 450 mm	350 x 450 mm
TULANGAN ATAS	2 D25	3 D25	2 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	2 D25	3 D25	2 D25
SENGKANG	2 D13-150	2 D13-80	2 D13-150	2 D13-80

TIPE BALOK	BA13	
POSISI	LAPANGAN	TUMPUAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	350 x 450 mm	350 x 450 mm
TULANGAN ATAS	2 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	2 D25
SENGKANG	2 D13-150	2 D13-80



DETAIL BALOK ANAK

SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL





DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

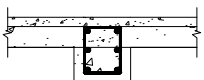
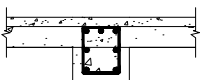
NO LEMBAR  
15


JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Balok Anak

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169

TIPE BALOK	BL11		BL12	
POSISI	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
DETAIL BALOK				
DIMENSI	300 x 350 mm	300 x 350 mm	300 x 350 mm	300 x 350 mm
TULANGAN ATAS	2D25	3 D25	2D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
SENGKANG	2 D13-80	2 D13-40	2 D13-80	2 D13-40

TIPE BALOK	BL13	
POSISI	LAPANGAN	TUMPUAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	300 x 350 mm	300 x 350 mm
TULANGAN ATAS	2D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	2 D25
SENGKANG	2 D13-80	2 D13-40

 DETAIL BALOK KANTILEVER  
SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

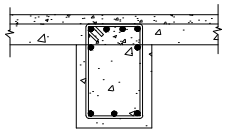
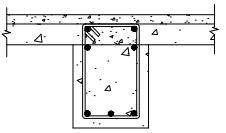
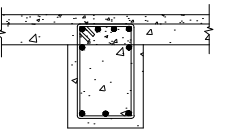
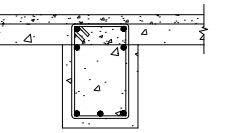
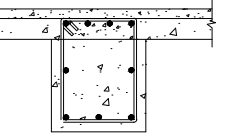
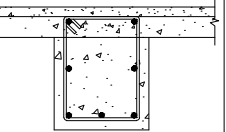
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

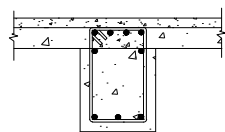
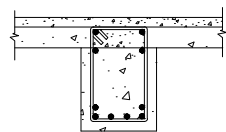
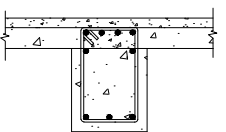
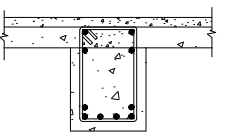
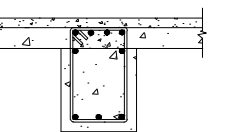
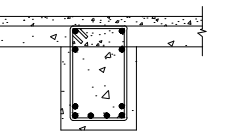
NO LEMBAR  
16

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Balok Kantilever

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169

TIPE BALOK	B11		B12		B13	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK						
DIMENSI	400 X 600 mm	400 x 600 mm	400 X 600 mm	400 x 600 mm	500 X 650 mm	500 X 650 mm
TULANGAN ATAS	4 D25	2 D25	4 D25	2 D25	4 D25	2 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
SENGKANG	2 D13-75	2 D13-150	2 D13-75	2 D13-150	2 D13-100	2 D13-200

TIPE BALOK	B14		B15		B16	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK						
DIMENSI	400 X 600 mm	400 x 600 mm	400 X 600 mm	400 x 600 mm	400 X 600 mm	400 x 600 mm
TULANGAN ATAS	4 D25	2 D25	4 D25	2 D25	4 D25	2 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25
SENGKANG	2 D13-75	2 D13-150	2 D13-75	2 D13-150	2 D13-75	2 D13-150

 DETAIL BALOK INDUK  
SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

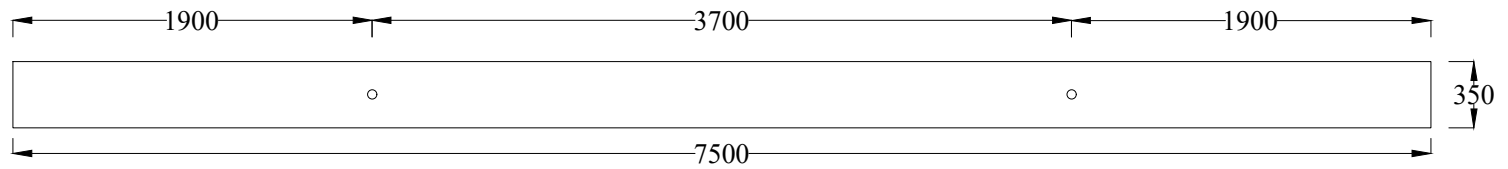
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
17

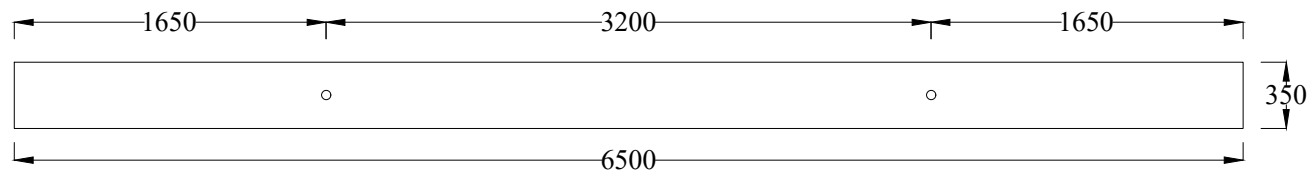
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Balok Induk

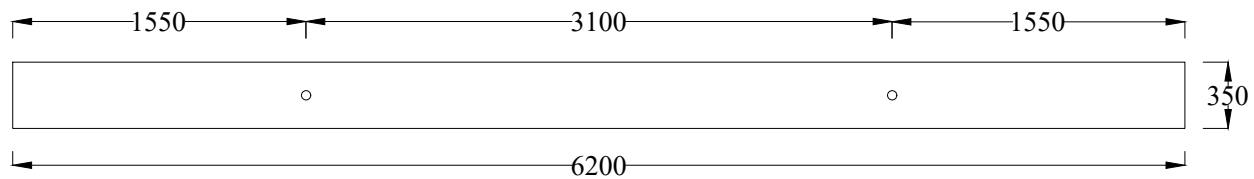
NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169




 DETAIL TITIK ANGKAT BA11  
 SKALA 1:40




 DETAIL TITIK ANGKAT BA12  
 SKALA 1:40




 DETAIL TITIK ANGKAT BA13  
 SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

DOSEN ASISTENSI  
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

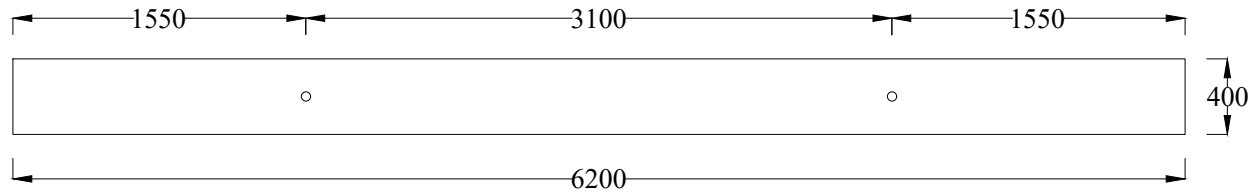
NO LEMBAR  
 18

JUMLAH LEMBAR  
 41

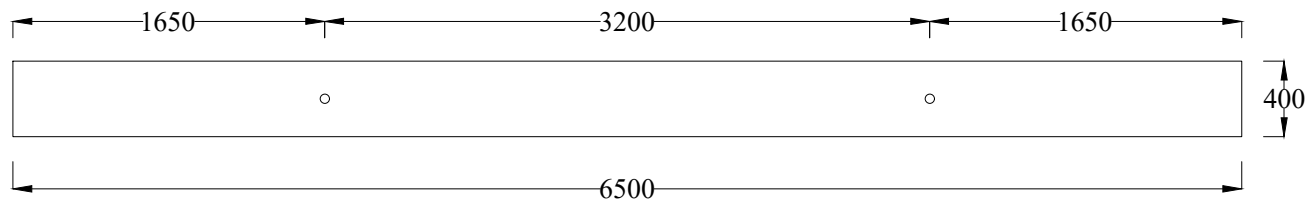
NAMA GAMBAR  
 Titik Angkat Balok Anak

NAMA MAHASISWA  
 Alnardo Khotani  
 03111640000169

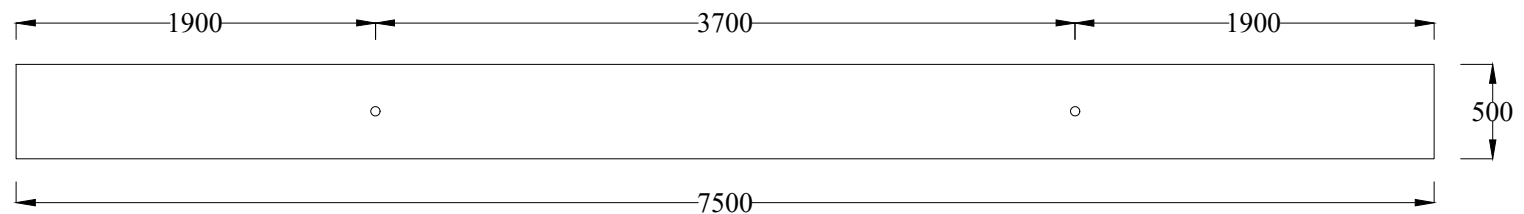




DETAIL TITIK ANGKAT B11  
SKALA 1:40



DETAIL TITIK ANGKAT B12  
SKALA 1:40



DETAIL TITIK ANGKAT B13  
SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

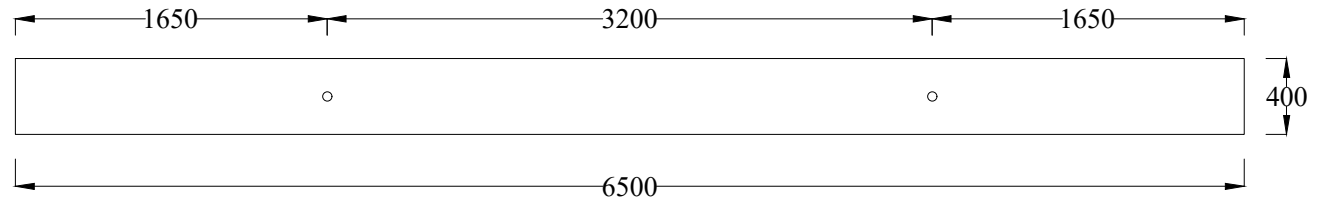
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.


NO LEMBAR  
19

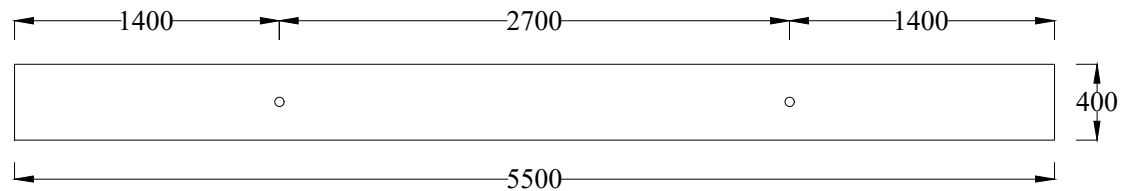
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Titik Angkat Balok Induk

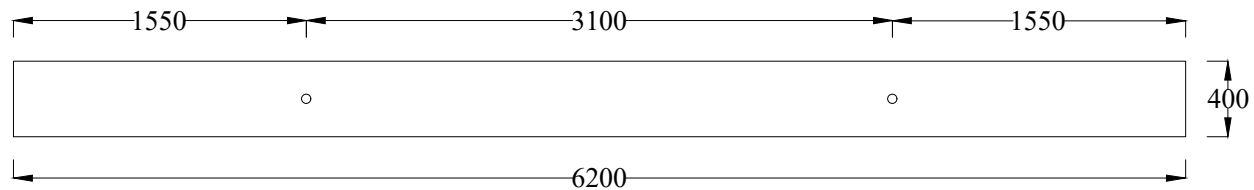
NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169




 DETAIL TITIK ANGKAT B14  
 SKALA 1:40




 DETAIL TITIK ANGKAT B15  
 SKALA 1:40




 DETAIL TITIK ANGKAT B16  
 SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

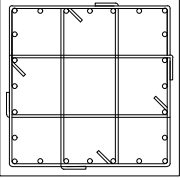
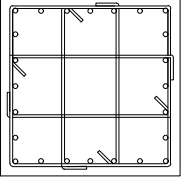
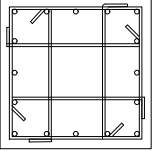
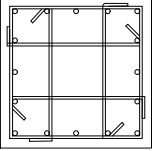
DOSEN ASISTENSI  
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

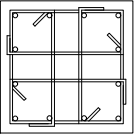
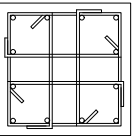
NO LEMBAR  
 20

JUMLAH LEMBAR  
 41

NAMA GAMBAR  
 Titik Angkat Balok Induk

NAMA MAHASISWA  
 Alnardo Khotani  
 03111640000169

TIPE KOLOM	K11		K12	
	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
DETAIL KOLOM				
DIMENSI	950 x 950 mm	950 x 950 mm	800 x 800 mm	800 x 800 mm
TULANGAN	24 D25	24 D25	16 D25	16 D25
SENGKANG	4 D13-100	4 D13-150	4 D13-100	4 D13-150

TIPE KOLOM	K13	
	POSISI	TUMPUAN
DETAIL KOLOM		
DIMENSI	700 x 700 mm	700 x 700 mm
TULANGAN	12 D25	12 D25
SENGKANG	4 D13-100	4 D13-150



DETAIL KOLOM  
SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

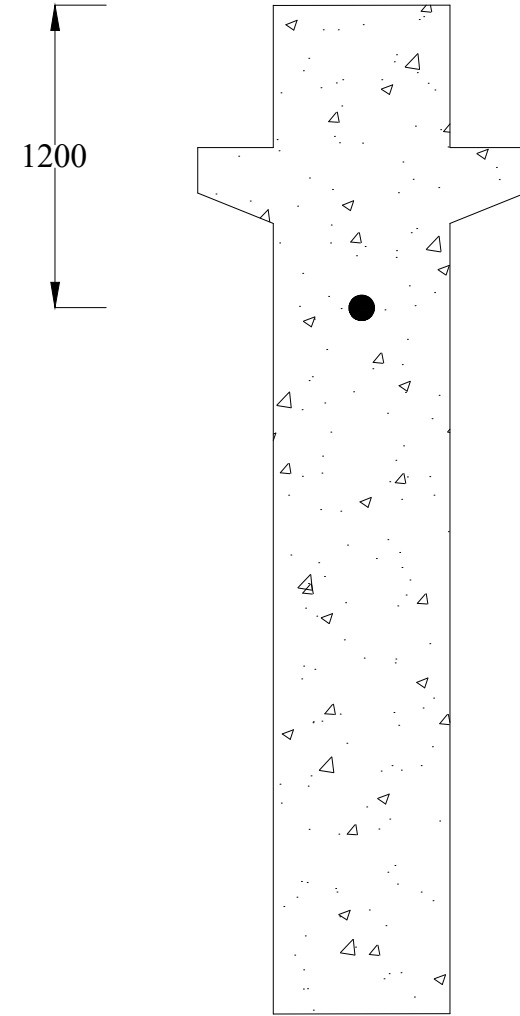
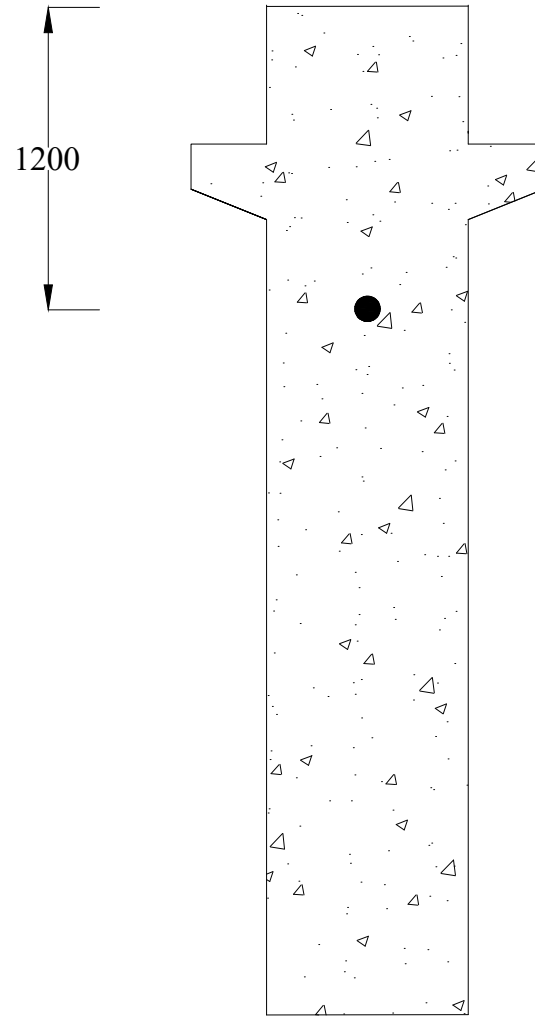
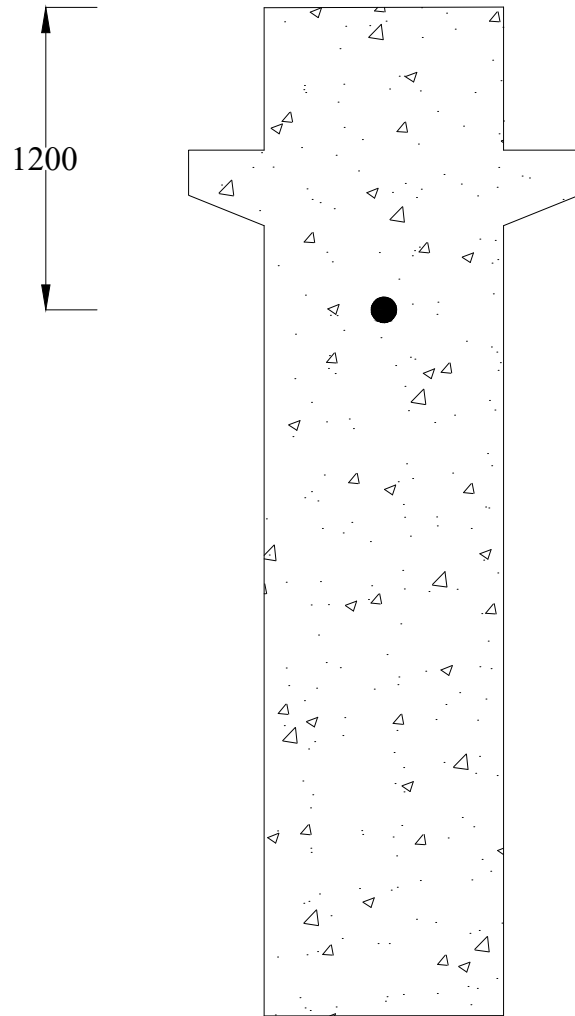
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
21

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Kolom

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



TITIK ANGKAT K11  
SKALA 1:30



TITIK ANGKAT K12  
SKALA 1:30



TITIK ANGKAT K13  
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

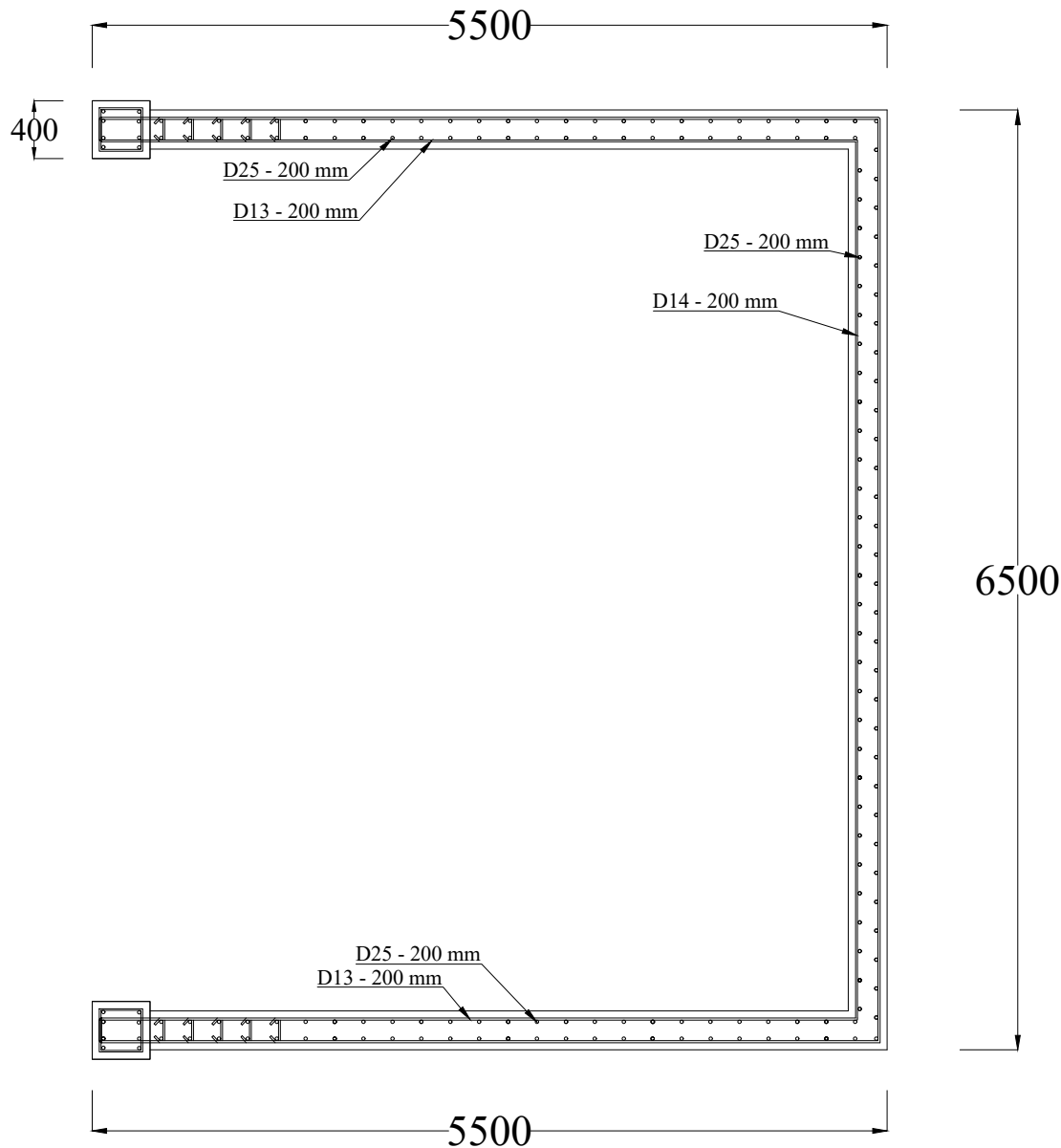
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
22

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Titik Angkat Kolom

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



DETAIL SHEAR WALL

SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

DOSEN ASISTENSI  
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

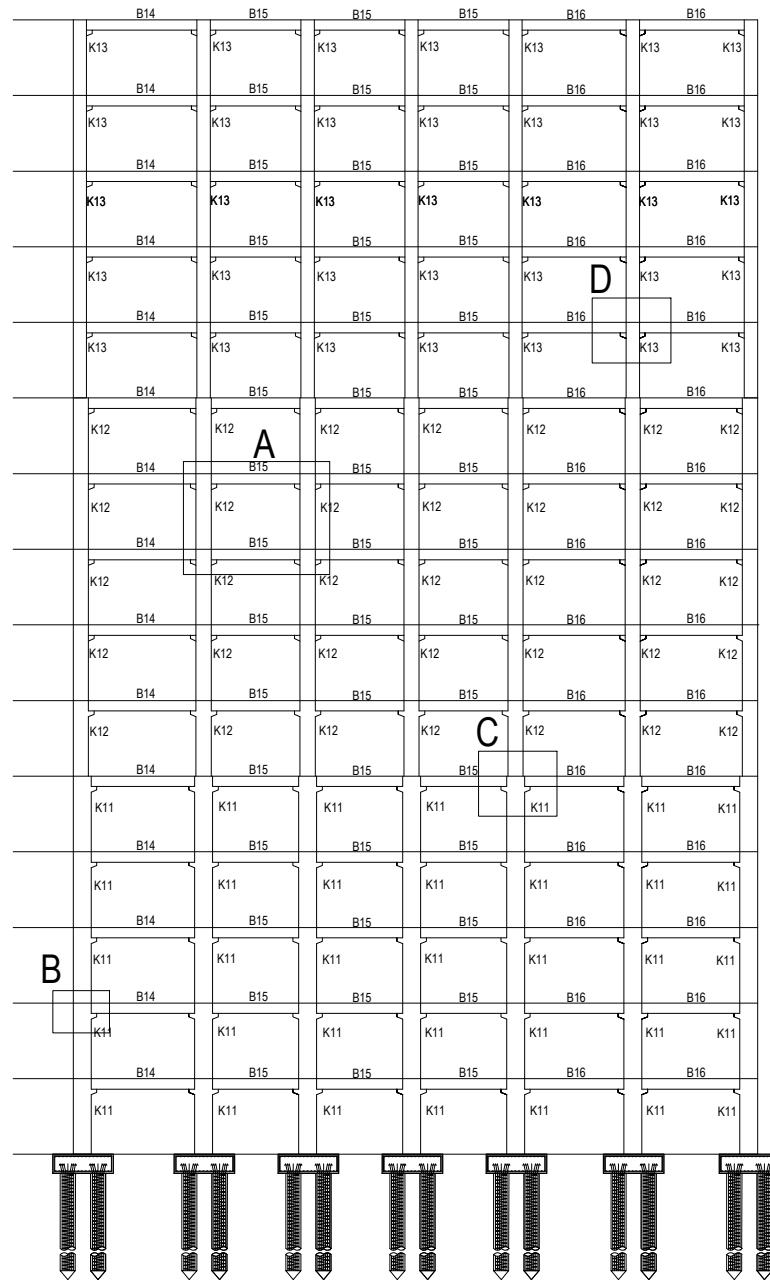
NO LEMBAR  
 23


JUMLAH LEMBAR  
 41

NAMA GAMBAR  
 Detail Shear Wall

NAMA MAHASISWA  
 Alnardo Khotani  
 03111640000169

- 15TH FLOOR  
FL 60.000
- 14TH FLOOR  
FL 56.000
- 13TH FLOOR  
FL 52.000
- 12TH FLOOR  
FL 48.000
- 11TH FLOOR  
FL 44.000
- 10TH FLOOR  
FL 40.000
- 9TH FLOOR  
FL 36.000
- 8TH FLOOR  
FL 32.000
- 7TH FLOOR  
FL 28.000
- 6TH FLOOR  
FL 24.000
- 5TH FLOOR  
FL 20.000
- 4TH FLOOR  
FL 16.000
- 3RD FLOOR  
FL 12.000
- 2ND FLOOR  
FL 08.000
- 1ST FLOOR  
FL 04.000
- G FLOOR  
FL 00.000



 POTONGAN MEMANJANG  
SKALA 1:400



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

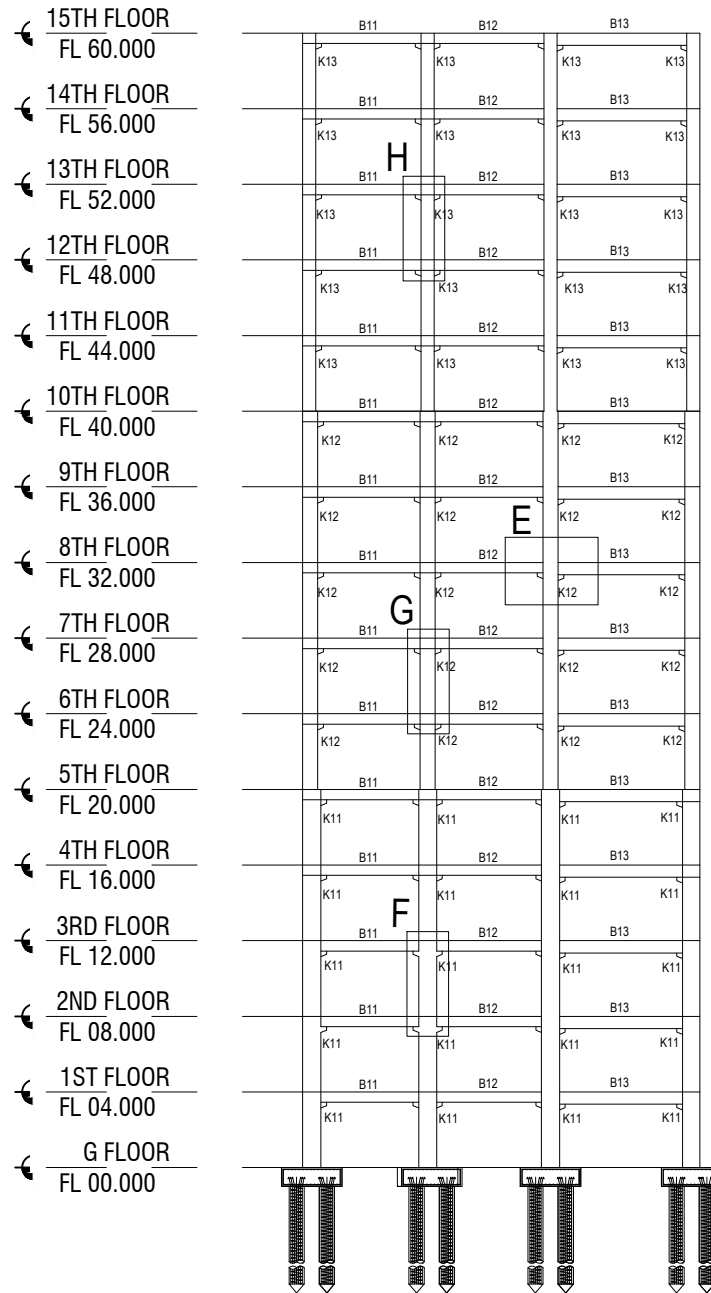
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
24

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Potongan Memanjang

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169



POTONGAN MELINTANG  
SKALA 1:400



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

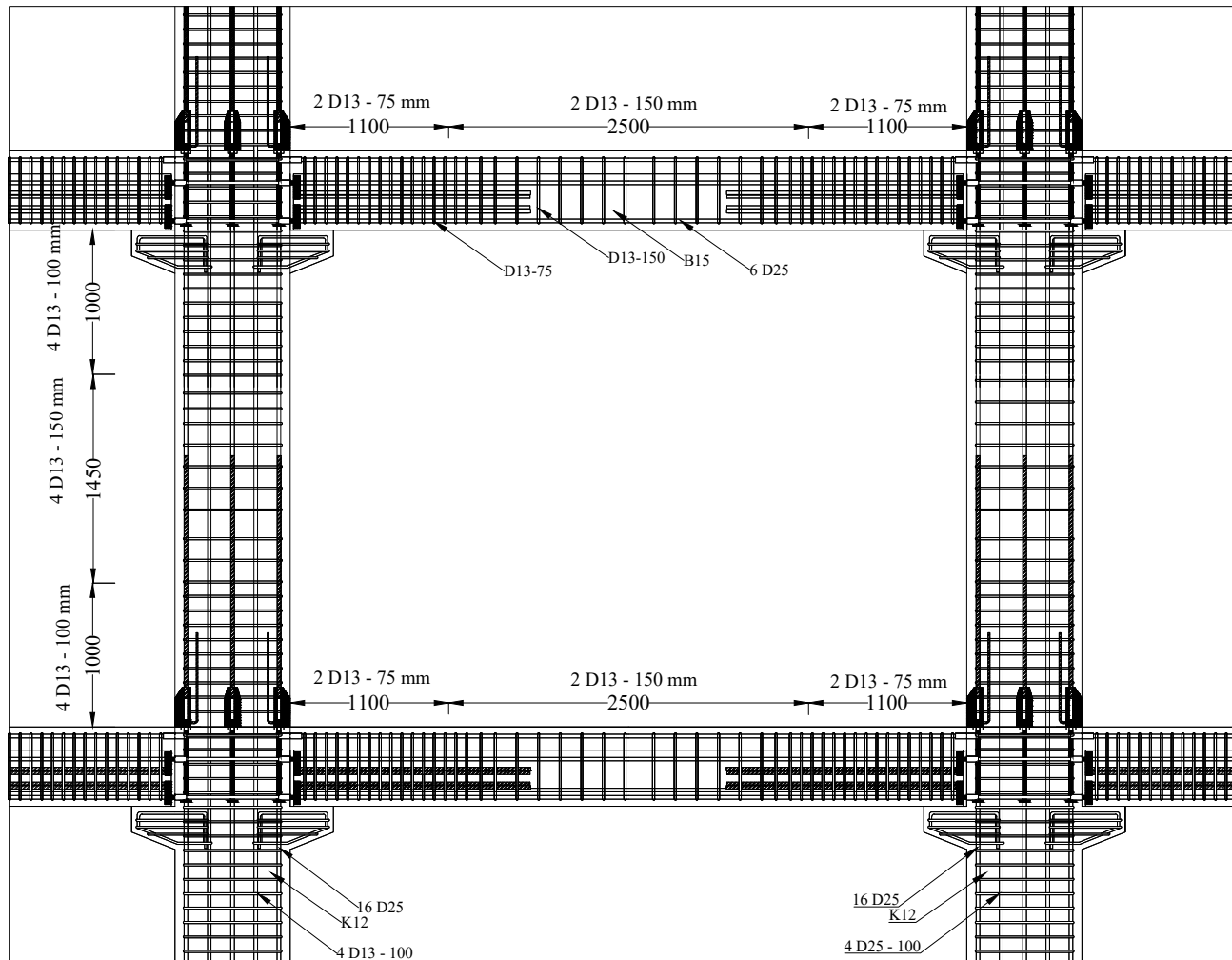
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
25

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Potongan Melintang

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169



POTONGAN A-A

SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

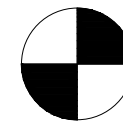
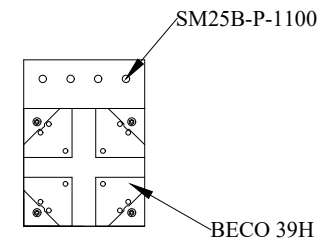
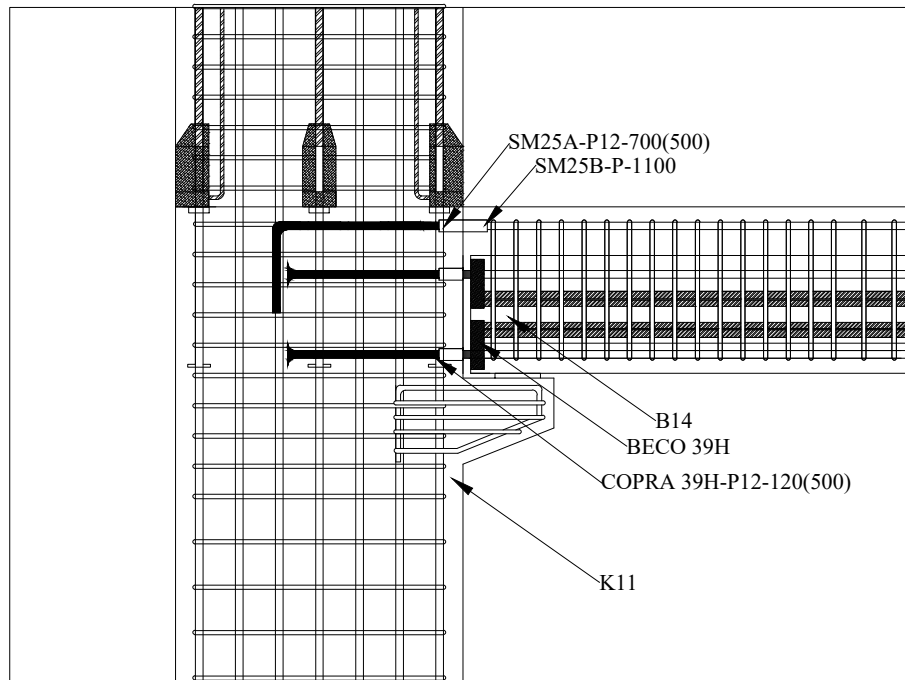
NO LEMBAR  
26

JUMLAH LEMBAR  
41

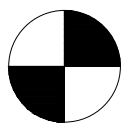
NAMA GAMBAR  
Potongan A-A

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169





DETAIL B16  
SKALA 1:25



POTONGAN B-B  
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

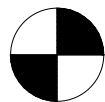
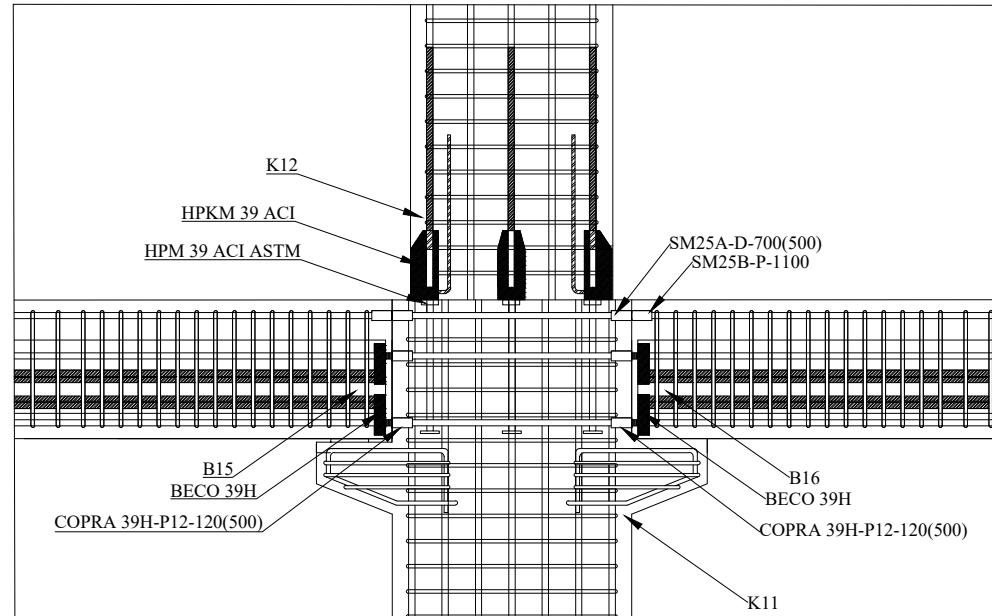
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
27

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Potongan B-B

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



POTONGAN C-C

SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

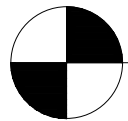
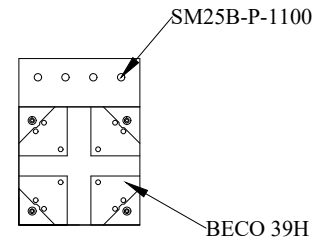
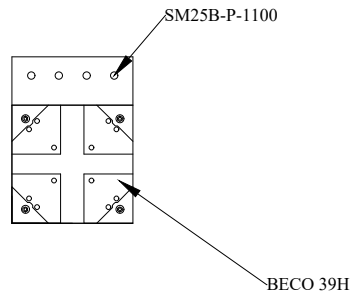
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
28

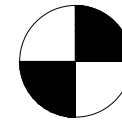
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Potongan C-C

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



DETAIL B15  
SKALA 1:25



DETAIL B16  
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

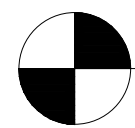
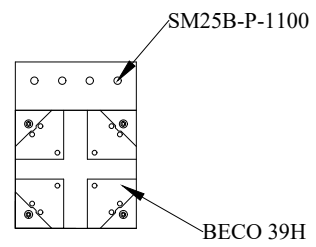
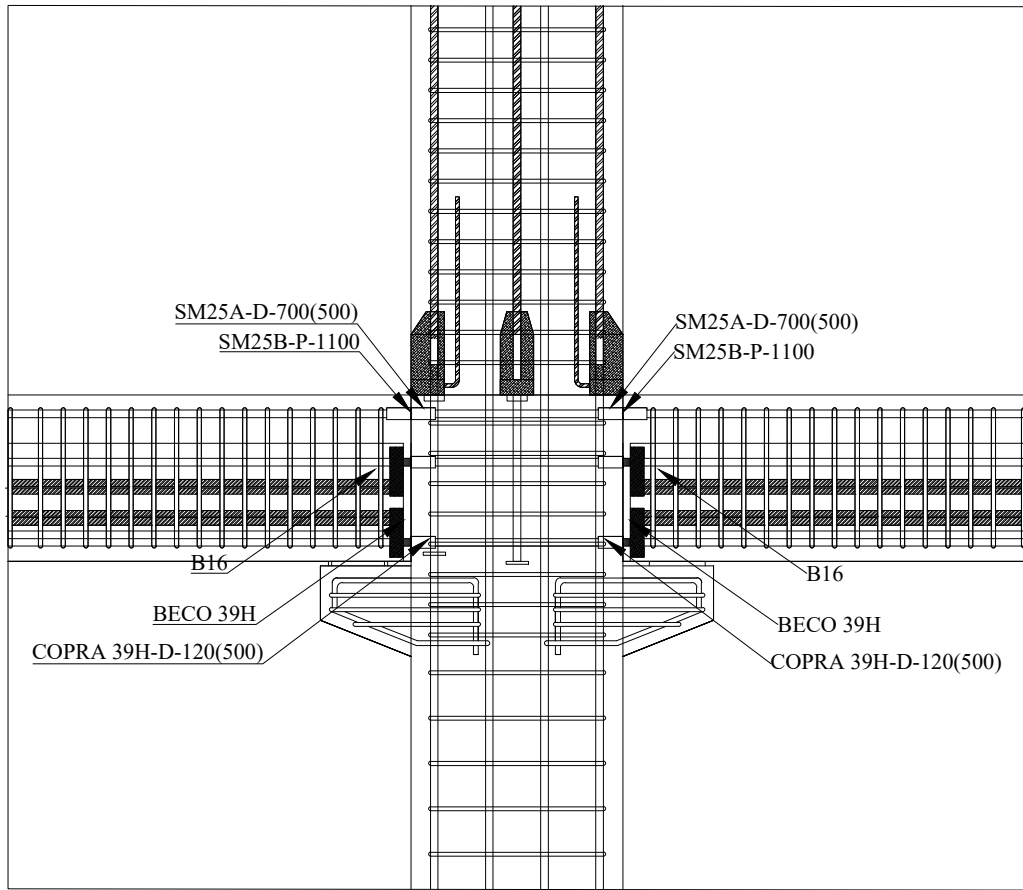
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
29

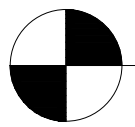
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Potongan C-C

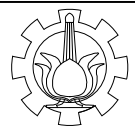
NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



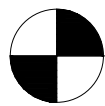
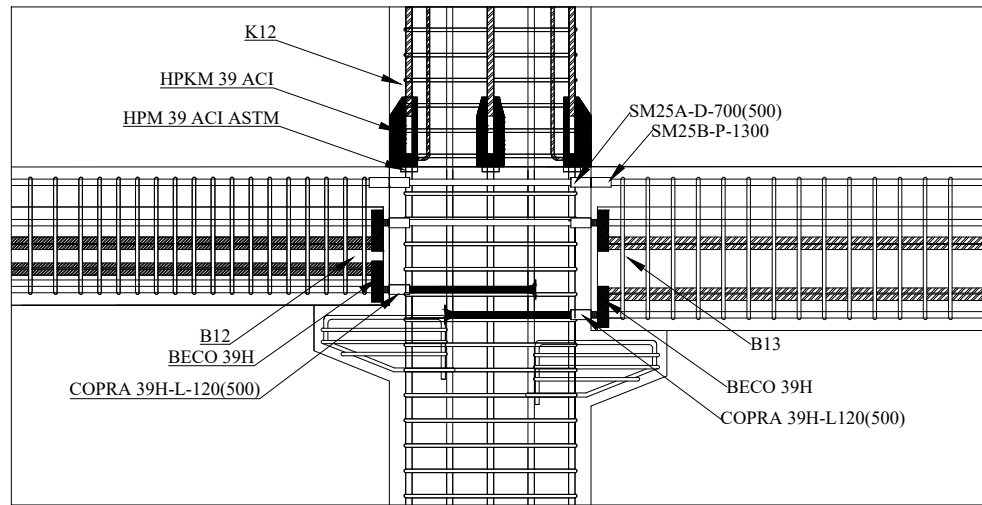
DETAIL B16  
SKALA 1:25



POTONGAN D-D  
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE PRECAST DAN SHEAR WALL	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D. Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.	NO LEMBAR 30	JUMLAH LEMBAR 41	NAMA GAMBAR Potongan D-D	NAMA MAHASISWA Alnardo Khotani 03111640000169
---	--	--	-----------------	---------------------	-----------------------------	---



POTONGAN E-E

SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

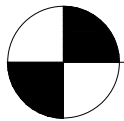
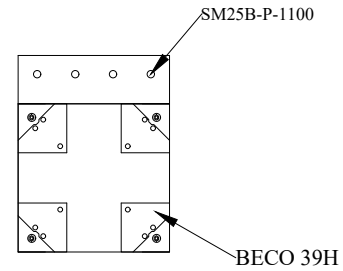
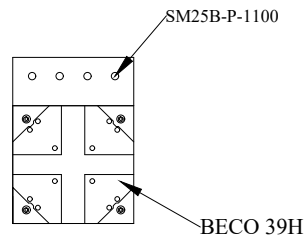
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
31

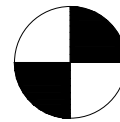
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Potongan E-E

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169



DETAIL B12  
SKALA 1:25



DETAIL B13  
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

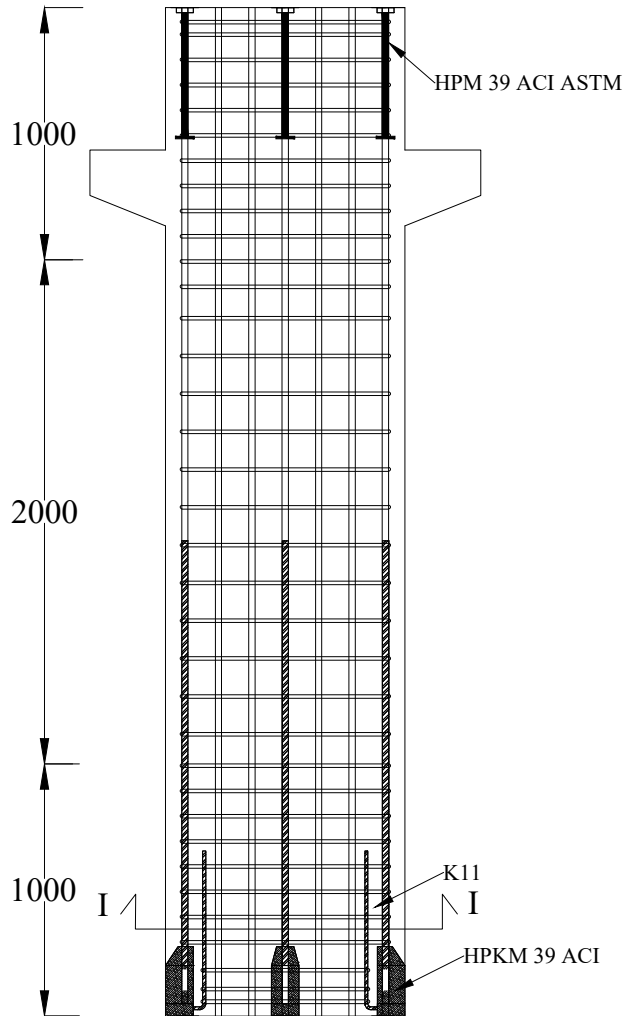
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
32

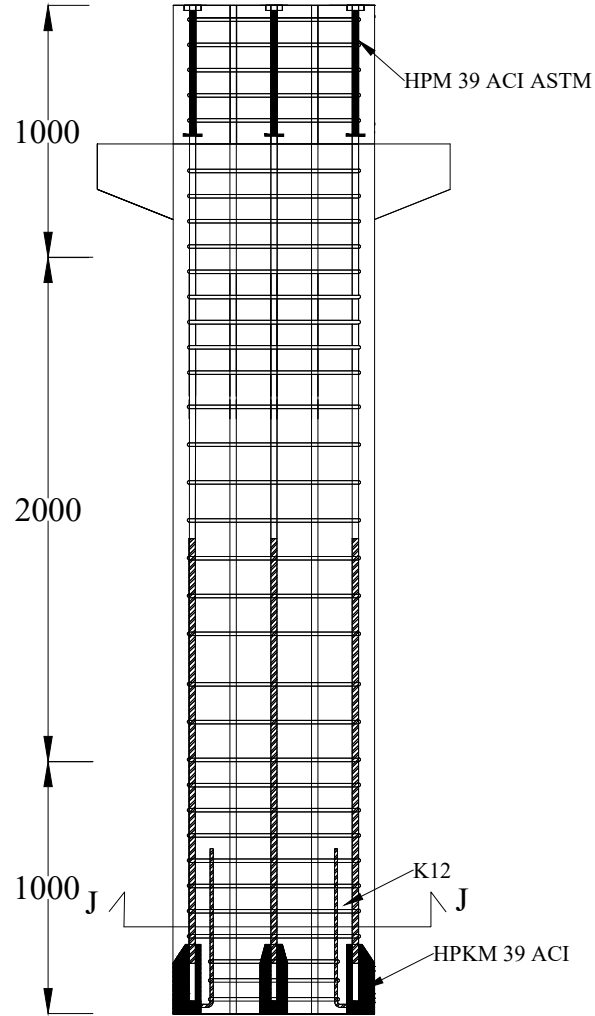
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Potongan E-E

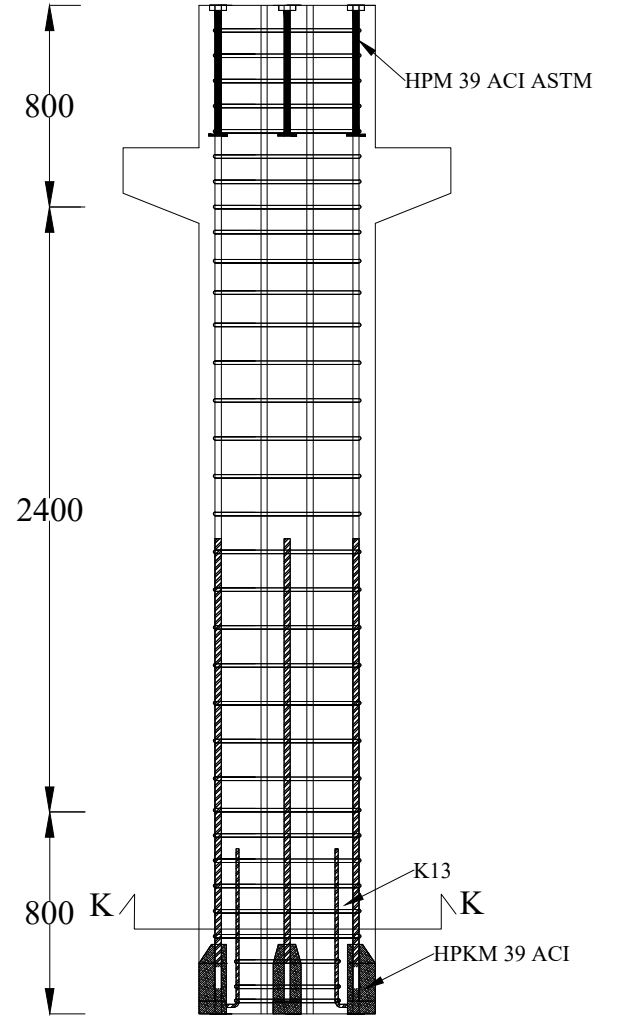
NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



POTONGAN F-F  
SKALA 1:30



POTONGAN G-G  
SKALA 1:30



POTONGAN H-H  
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

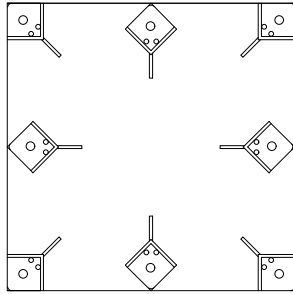
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
33

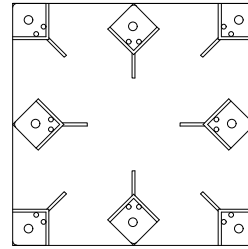
JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Detail Sambungan Kolom

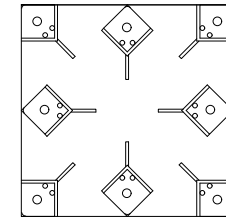
NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



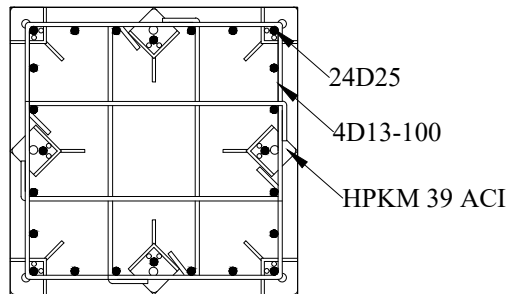

 DETAL K11  
 SKALA 1:25



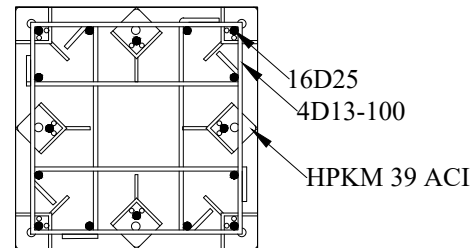

 DETAL K12  
 SKALA 1:25



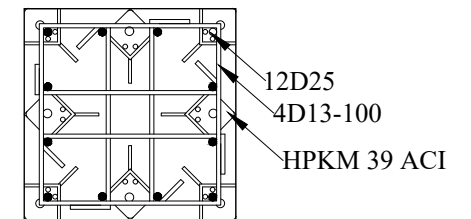

 DETAL K11  
 SKALA 1:25




 POTONGAN I-I  
 SKALA 1:25




 POTONGAN J-J  
 SKALA 1:25




 POTONGAN K-K  
 SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

DOSEN ASISTENSI  
 Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

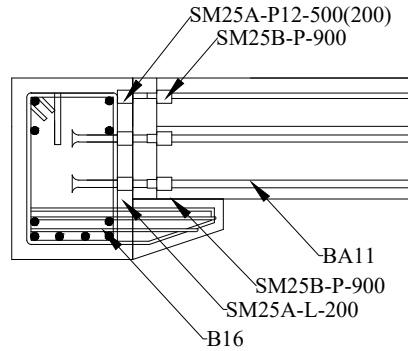
NO LEMBAR  
 34

JUMLAH LEMBAR  
 41

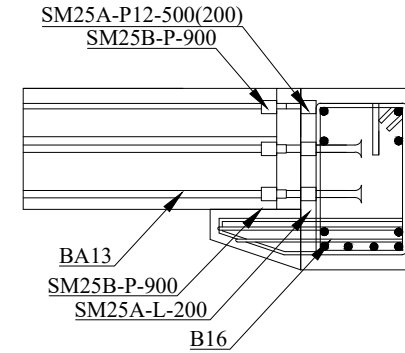
NAMA GAMBAR  
 Detail Sambungan Kolom

NAMA MAHASISWA  
 Alnardo Khotani  
 0311164000169

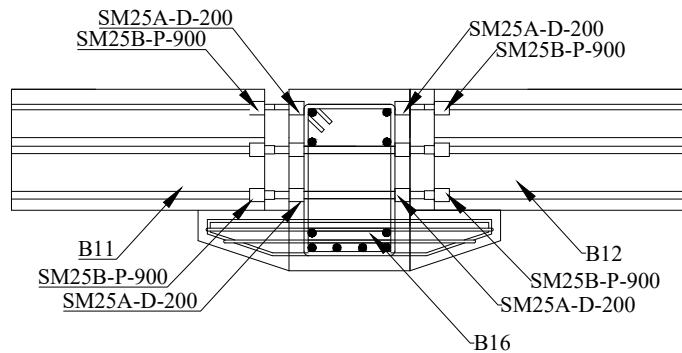





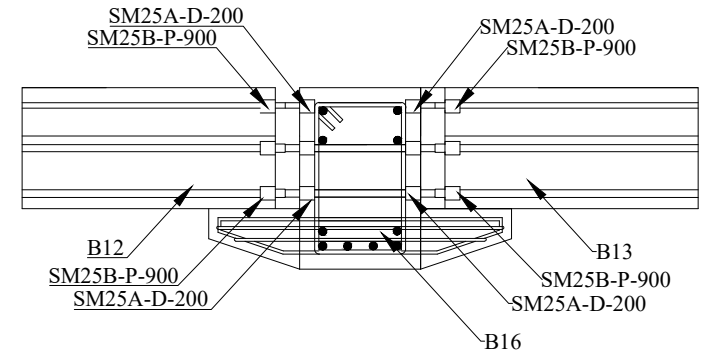

**SAMBUNGAN B16 – BA11**  
 SKALA 1:25





**SAMBUNGAN B16 – BA13**  
 SKALA 1:25

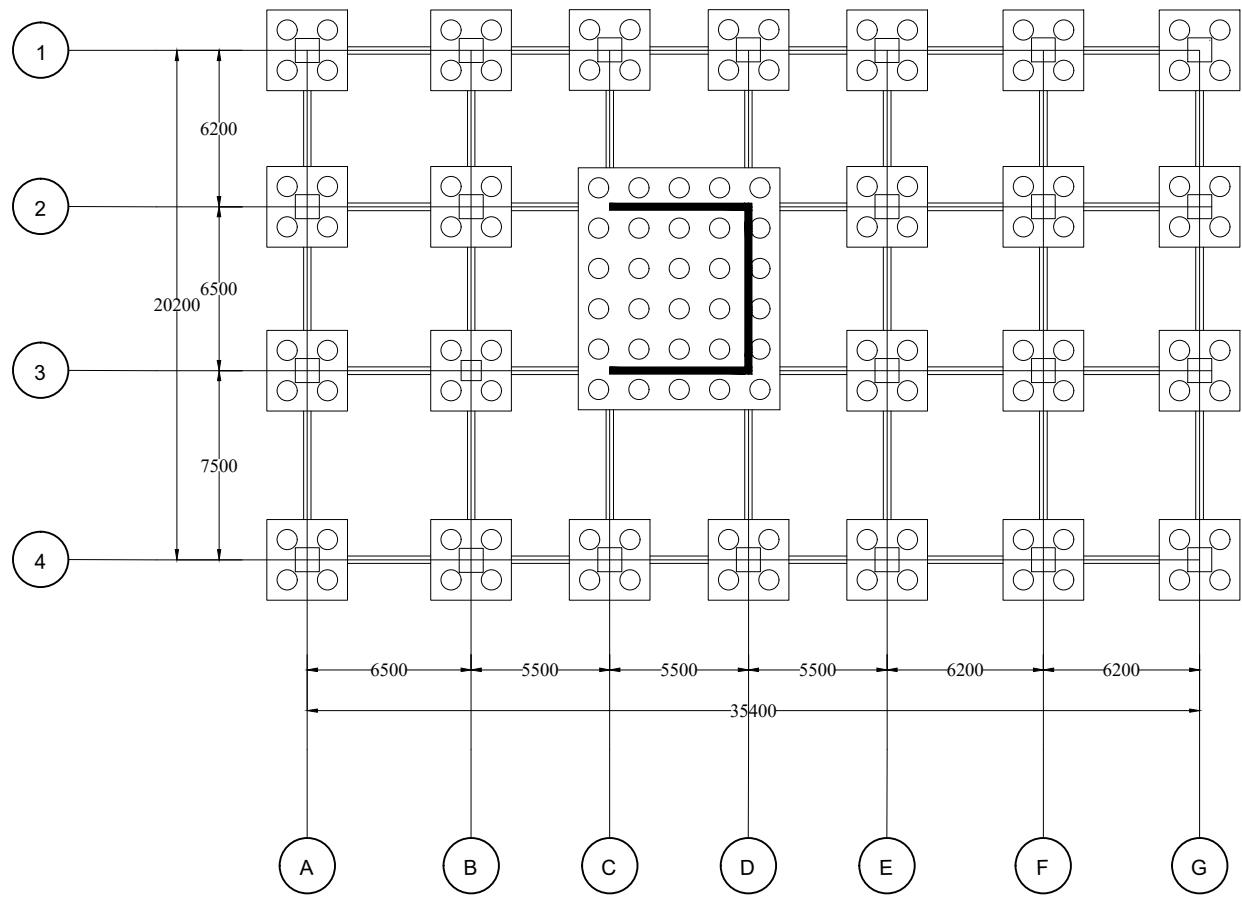



**SAMBUNGAN BA11 – B16 – BA12**  
 SKALA 1:25




**SAMBUNGAN BA12 – B16 – BA13**  
 SKALA 1:25





DENAH PONDASI  
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

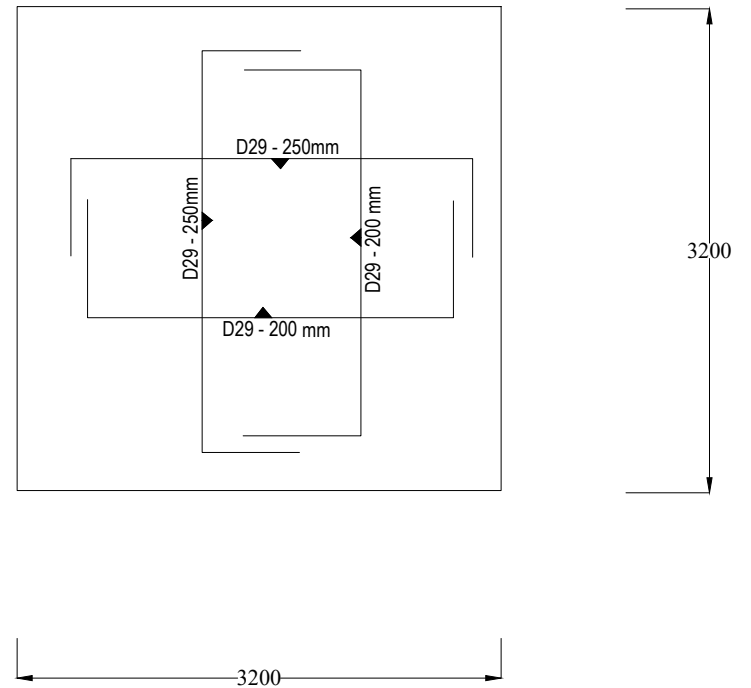
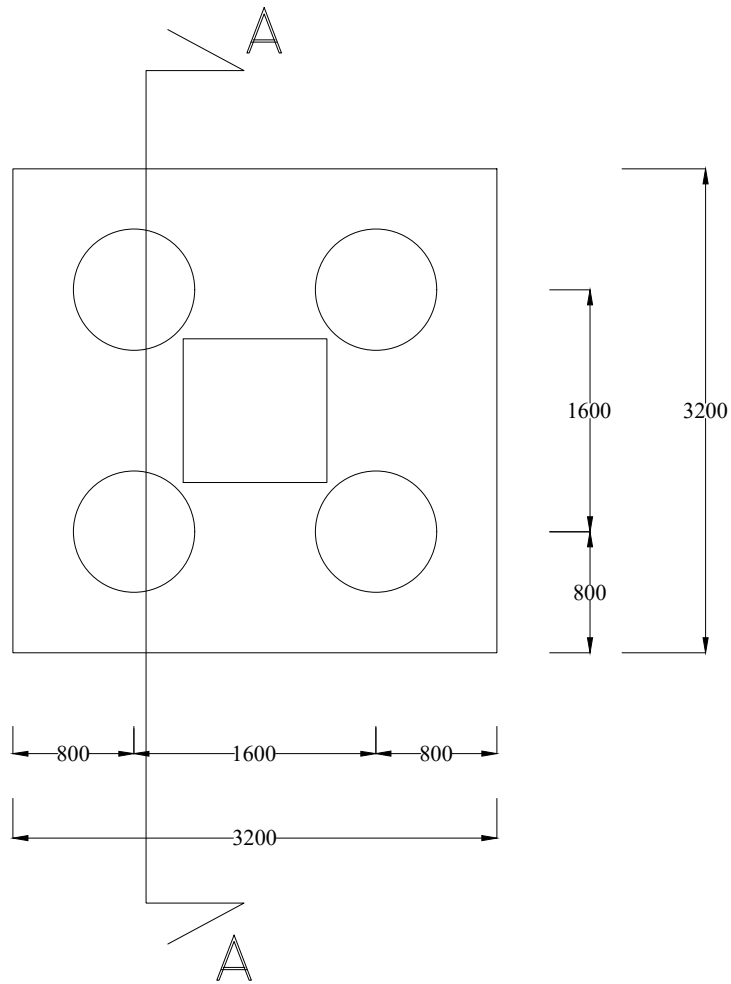
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
36

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Denah Pondasi

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169



POER TIPE 1

SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
 DENGAN METODE PRECAST  
 DAN SHEAR WALL

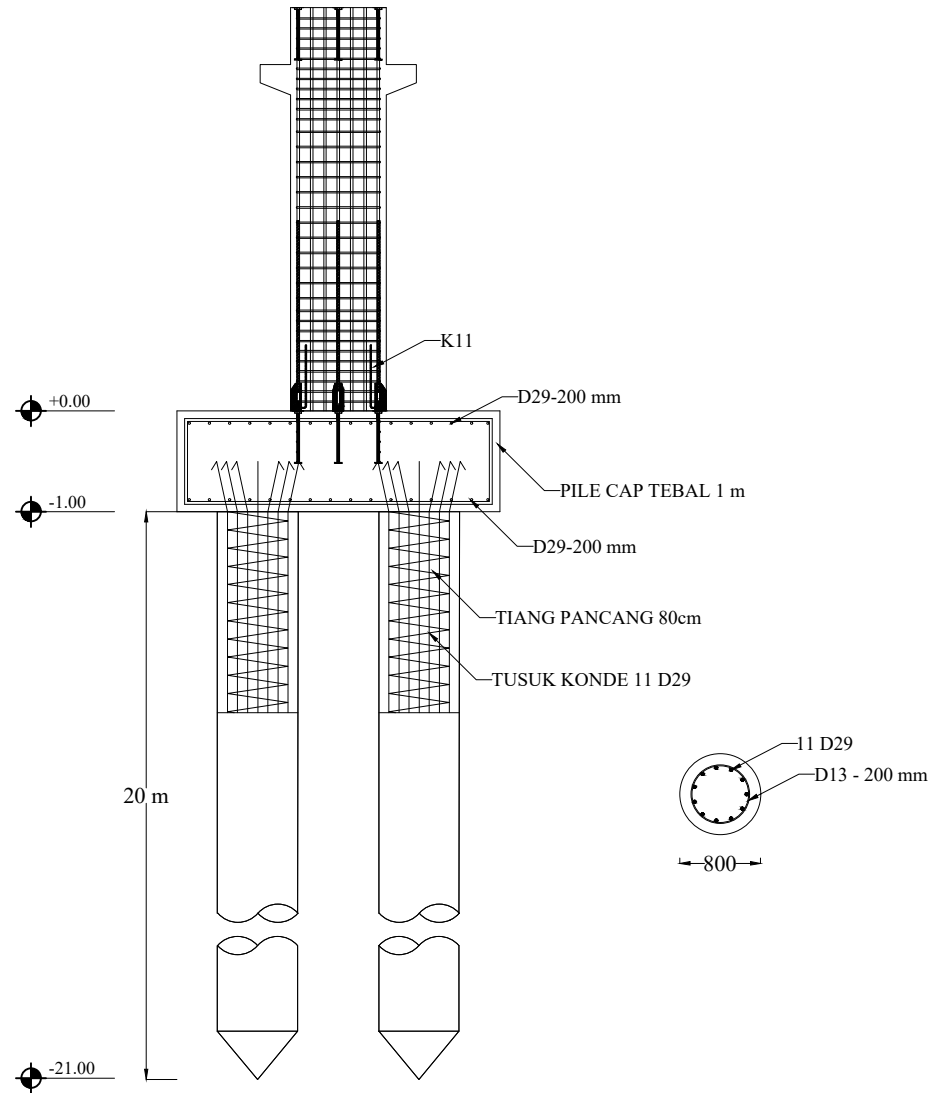
DOSEN ASISTENSI  
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
 Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
 37

JUMLAH LEMBAR  
 41

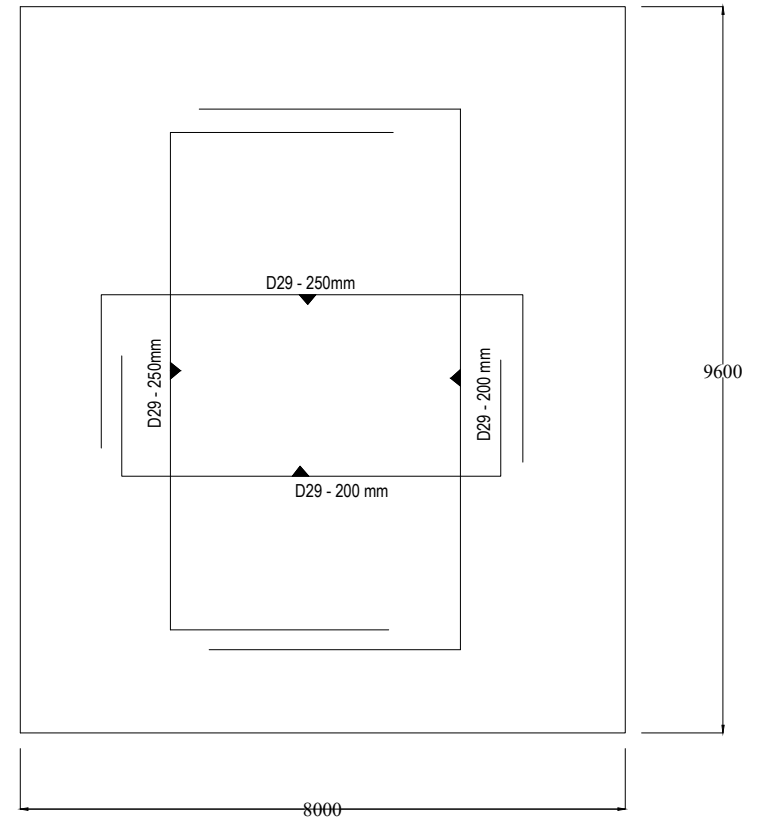
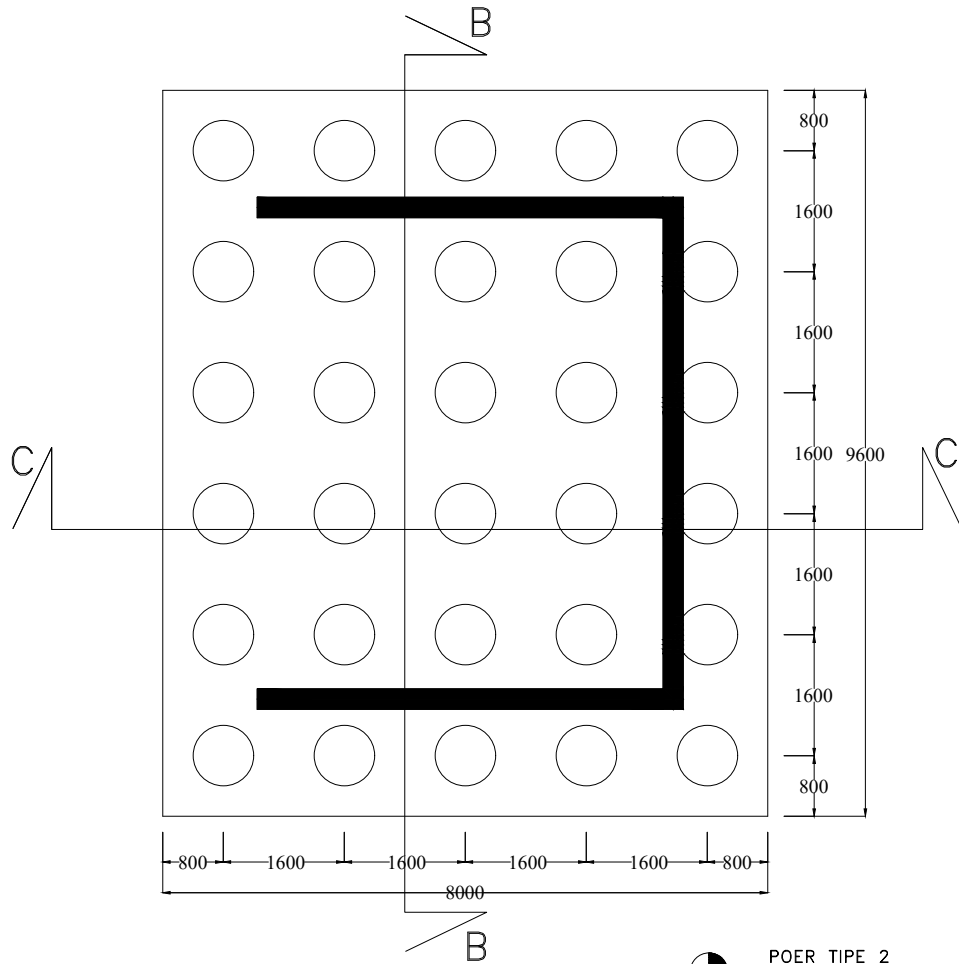
NAMA GAMBAR  
 Poer Tipe 1

NAMA MAHASISWA  
 Alnardo Khotani  
 03111640000169



POTONGAN A-A  
SKALA 1:75

	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN ASISTENSI	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA GAMBAR	NAMA MAHASISWA
		DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE PRECAST DAN SHEAR WALL	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.	38	41	Potongan A-A	Alnardo Khotani 03111640000169



POER TIPE 2  
SKALA 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

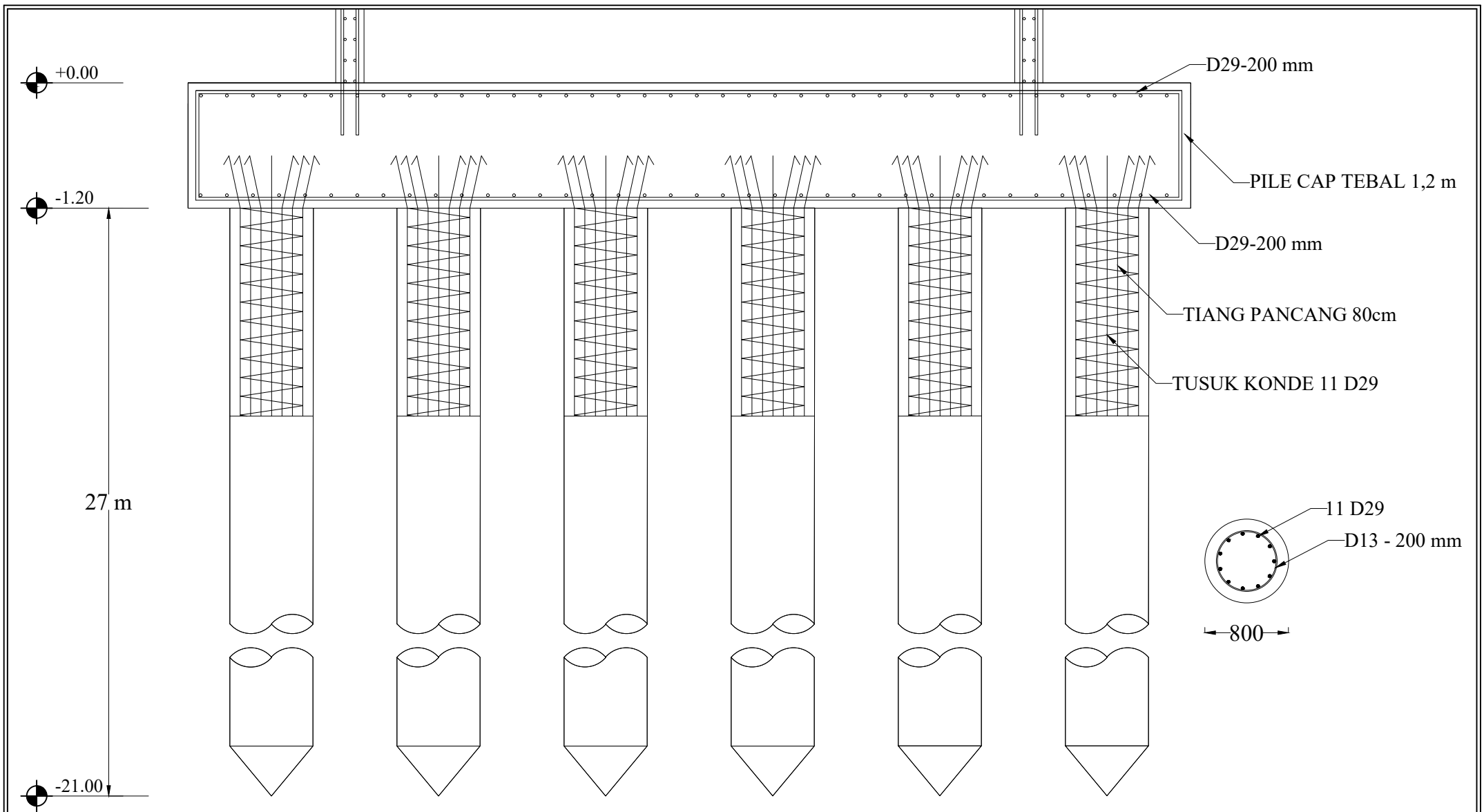
DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
39

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Poer Tipe 2

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
03111640000169



POTONGAN B-B  
SKALA 1:50

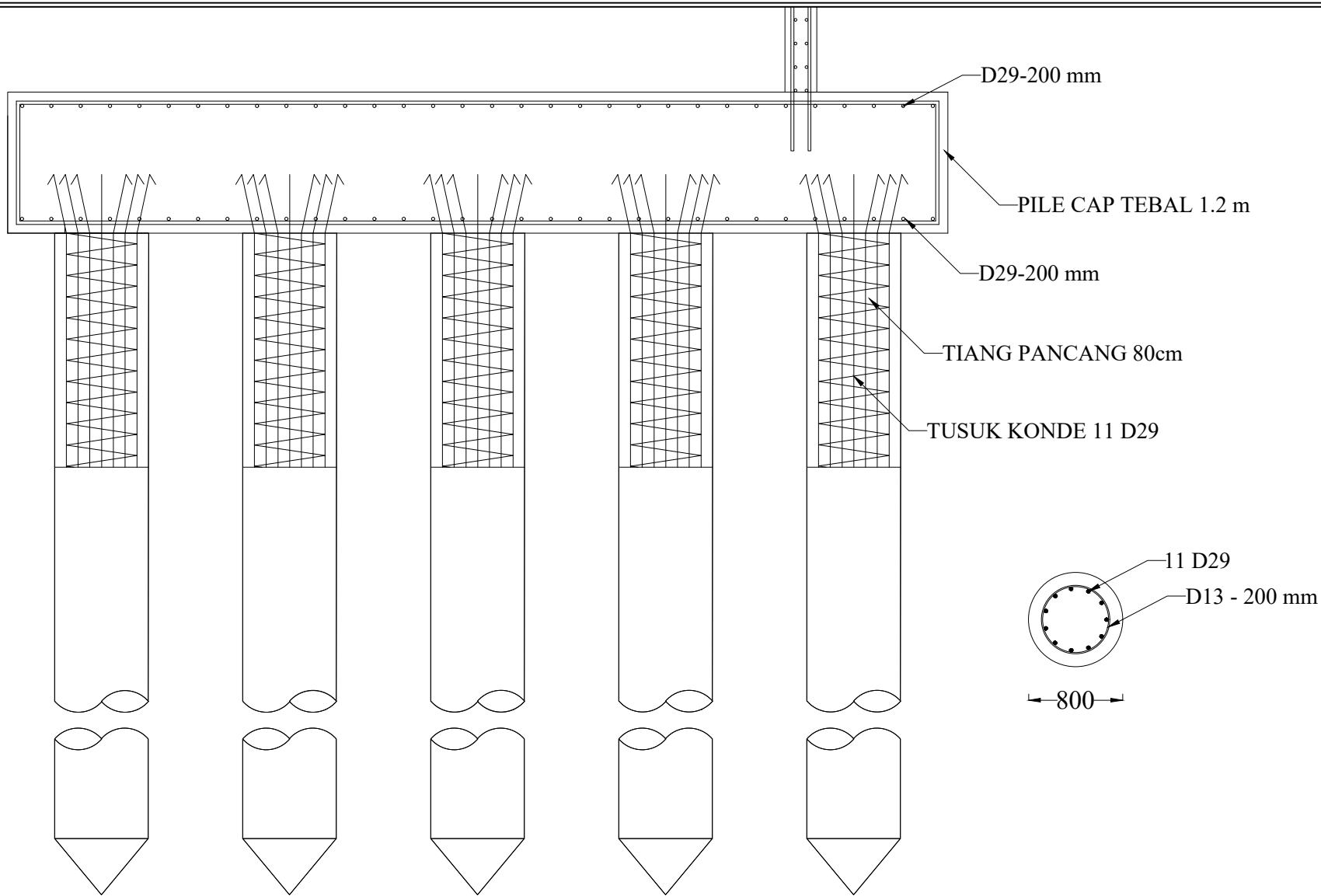
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI DENGAN METODE PRECAST DAN SHEAR WALL	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.	NO LEMBAR 40	JUMLAH LEMBAR 41	NAMA GAMBAR Potangan B-B	NAMA MAHASISWA Alnardo Khotani 03111640000169

+0.00

-1.20

27 m

-21.00



POTONGAN C-C

SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI  
DENGAN METODE PRECAST  
DAN SHEAR WALL

DOSEN ASISTENSI  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D.

NO LEMBAR  
41

JUMLAH LEMBAR  
41

NAMA GAMBAR  
Potongan C-C

NAMA MAHASISWA  
Alnardo Khotani  
0311164000169



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 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Tawio ST,MT.,Phd
NAMA MAHASISWA	: Alnardo Khotini
NRP	: 03111640220169
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain modifikasi struktur gedung apartemen 15 lantai dengan metode precast dan shear wall
TANGGAL PROPOSAL	: 2 September 2019
NO. SP-MMTA	: B/80045 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	23-9-2019	Preliminary (Plat, balok)	Preliminary (kolom, shear wall)	
2	2-10-2019	Preliminary (kolom, shear wall)	Struktur Elemen (balok kantilever plat)	
3	7-10-2019	Struktur Elemen (balok kantilever)	Struktur Plat, Balok anak tangga, Permalahan	
4	15-10-2019	Struktur Elemen (Plat) Balok anak tangga	- Tensi dimensi plat - Permalahan struktur	
5	24-10-2019	Permalahan Struktur	- Tensi ukuran kolom - Tensi dimensi shear wall - Tensi pondasi	
6	1-11-2019	Permalahan Struktur (ok) - Perhitungan Balok (gebr)	- Balok (torsi - sambungan) - kolom	





PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Harun Al Rasyid ST, MT. Ph.d
NAMA MAHASISWA	: Alnardo Khotani
NRP	: 0311164000169
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain modifikasi struktur gedung apartemen 15 lantai dengan metode precast dan shear wall
TANGGAL PROPOSAL	: 2 September 2019
NO. SP-MMTA	: B/80045/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	25-9-2019	Preliminary (Plat, balok)	- Preliminary (kolom, shear wall)	
2	8-10-2019	- Prelim (kolom, shear wall) - Struktur (balok kantilever)	- Struktur plat, balok oak tumpang, permodelan struktur	
3	29-10-2019	- Permodelan struktur (ok) - Struktur balok (gaya)	- Balok (torsi - sambungan) - Kolom	
4	6-11-2019	- Balok (ok) - Kolom (tumpang logikal)	- Kolom (permodelan di sp kolom) - Shear wall	
5	15-12-2019	- Kolom (ok) - Shear wall C - Sambungan	- Shear wall Rensi: lembaran baja - Sambungan balok oak ke kolom	
6	20-12-2019	- Sambungan (ok) - Shear wall (ok) - Rensi	- Rensi: kebutuhan pancing	

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Alnardo Khotani, lahir di Medan pada 18 Desember 1998. Penulis Menempuh Pendidikan di SD Methodist-3, Medan, SMP Methodist-3, Medan, dan SMA Methodist 3, Medan. Penulis melanjutkan pendidikan dengan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan ITS jurusan teknik sipil pada tahun 2016. Melalui program

lajur mandiri dan terdaftar dengan NRp 03111640000169. Penulis memperoleh gelar sarjana pada tahun 2020 melalui Tugas Akhir dengan judul “*Desain Modifikasi Struktur Gedung APartemen 15 Lantai Dengan Metode Precast dan Shear Wall*”. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca . Apabila pembaca memiliki hal yang ingin ditanyakan atau didiskusikan dapat menghubungi melalui email : [alnardo\\_khotani@yahoo.com](mailto:alnardo_khotani@yahoo.com).