



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN ULANG CASPIAN TOWER GRAND  
SUNGKONO LAGOON DENGAN METODE BETON  
PRACETAK**

FREE APIANTORO  
NRP. 0311154000041

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

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



TUGAS AKHIR (RC184803)

**PERENCANAAN ULANG CASPIAN TOWER GRAND  
SUNGKONO LAGOON DENGAN METODE BETON  
PRACETAK**

FREE APIANTORO  
NRP. 0311154000041

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

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

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



FINAL PROJECT (RC184803)

## **REDESIGN CASPIAN TOWER-GRAND SUNGKONO LAGOON USING PRECAST CONCRETE METHOD**

FREE APIANTORO  
NRP. 0311154000041

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

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



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**PERENCANAAN ULANG CASPIAN TOWER GRAND  
SUNGKONO LAGOON DENGAN METODE BETON  
PRACETAK**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh:

**FREE APIANTORO**  
NRP. 0311154060041

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Dr.Ir.I Gusti Patu Raka, DEA



**SURABAYA  
JULI 2019**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# PERENCANAAN ULANG CASPIAN TOWER GRAND SUNGKONO LAGOON DENGAN METODE BETON PRACETAK

**Nama Mahasiswa** : Free Apiantoro  
**Nrp** : 0311154000041  
**Jurusan** : Teknik Sipil  
**Dosen Konsultasi** : Prof. Dr.Ir.I Gusti Putu Raka,DEA

## **Abstrak**

*Surabaya merupakan kota besar yang menjadi pusat perekonomian Jawa Timur. Terdapat banyak kegiatan ekonomi, perdagangan dan pemerintahan di kota ini. Hal ini memberikan dampak berupa meningkatnya jumlah penduduk di kota Surabaya. Dengan demikian kebutuhan hunian dan tempat tinggal juga akan meningkat. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan tempat tinggal, ketersediaan lahan untuk pembangunan juga mulai terbatas. Hal ini memerlukan solusi yang tepat, untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal dengan keterbatasan lahan. Solusi yang bisa diterapkan adalah dengan pembangunan Apartemen dengan konsep pembangunan vertikal untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal.*

*Tower Caspian adalah salah satu tower apartemen Grand Sungkono Lagoon yang terletak di Jl. Abdul Wahab Siamin Kav 9-10 Surabaya. Apartemen ini dibangun untuk pemenuhan kebutuhan tempat tinggal atau hunian dalam menunjang kegiatan perekonomian di pusat kota Surabaya. Pada kondisi eksisting, Tower Caspian memiliki 40 lantai dan 3 basement dengan dinding geser (Shear Wall). Metode konstruksi yang digunakan dalam membangun Tower Apartemen ini menggunakan metode cor di tempat. Terdapat metode lain yang lebih efisien dalam perencanaan Tower Caspian ini. Yaitu menggunakan metode pracetak. Metode Pracetak memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode konvensional, diantaranya ialah: mutu elemen pracetak akan mudah dalam pengontrolannya, selain*

*itu metode pracetak lebih memiliki nilai ekonomis, waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dibanding dengan metode cor ditempat, dan kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi karena pekerja lapangan hanya mengerjakan cast in situ dalam menggabungkan komponen-komponen pracetak.*

*Pada Tugas Akhir ini akan merencanakan Caspian Tower dengan metode Pracetak. Dalam perencanaan elemen-elemen beton pracetak penulis menggunakan ketentuan seperti perencanaan beton konvensional menurut SNI 2847 : 2013, PCI Handbook dan beberapa referensi lainnya. Metode penyambungan yang digunakan oleh penulis adalah produk dari Peikko Group dan NMB Splice Sleeve menggunakan beberapa sambungan basah dengan menggunakan pipa penyambung (Coupler Sleeve-Connection). Analisa perhitungan berdasarkan kekuatan gaya aksial sambungan yang dibandingkan dengan kekuatan tulangan setelah leleh (1.25 fy) dan panjang penyaluran sesuai dengan peraturan SNI 2847 : 2013.*

**Kata kunci:** *pembangunan vertikal, basement, dinding geser, pracetak, cast in situ*

# REDESIGN CASPIAN TOWER-GRAND SUNGKONO LAGOON USING PRECAST CONCRETE METHOD

**Student Name** : Free Apiantoro  
**Nrp** : 0340000041  
**Departement** : Civil Engineering Departement - ITS  
**Academic Supervisor** : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

## **Abstract**

*Surabaya is a big city which is the economic center of East Java. There are many economic, trade and government activities in this city. This has an impact of the increasing the population in Surabaya city. Thus housing or residential needs will also increase. Along with the increasing need for housing, the availability of land for development also began to be limited. This requires the right solution, to meet residential needs with limited land. The solution that can be applied is the construction of an apartment with a vertical development concept to meet the needs of housing.*

*Caspian Tower is one of the towers of the Grand Sungkono Lagoon located on Jl. Abdul Wahab Siamin Kav. 9-10 Surabaya. This apartment was built to meet housing or residential needs to support economical activities in the center of Surabaya. In existing conditions, Caspian Tower has 40 floors and 3 basements with shear walls. The construction method used in building the Apartment Tower uses the cast method in place. There is another method that is more efficient in planning this Caspian Tower. It is precast method. Precast method has more advantages than the conventional method, but: the quality of precast elements will be easier to control, besides the precast method has more economic value, faster processing time compared to the cast method in place, and an increase in construction by field workers only do thrown in there to repair precast components.*

*In this Final Project, the Caspian Tower will be developed using Precast method. In planning precast concrete elements, the author uses conventional concrete planning rules according to SNI 2847: 2013, PCI Handbook and several other references. The connection method used by the author is the product of the Peikko Group and the NMB Splice Sleeve using several wet joints using a Sleeve-Connection Coupler. Calculation analysis based on the strength of the relationship style that compares with the strength of reinforcement at melting (1.25 fy) and the length of distribution in accordance with the provisions of SNI 2847: 2013.*

***Keywords: vertical construction, basement, shear wall, precast, casting in situ***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan penyerataan Tuhan penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “**PERENCANAAN ULANG CASPIAN TOWER GRAND SUNGKONO LAGOON DENGAN METODE BETON PRACETAK**”. Seperti yang diharapkan, laporan Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr.Ir.I Gusti Putu Raka,DEA selaku dosen Pembimbing yang dengan sabar dan sepenuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran untuk penulis.
2. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T. Ph.D. selaku ketua Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
3. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas ketekunan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga Besar Teknik Sipil Angkatan 2015, yang selalu memberikan dorongan dan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, terkhusus bagi beberapa teman Putu Ardifta Sena, Gufron Fitriono, Hafid Alfianto dan Angga Ramanda Putra yang selalu menjadi teman sepiring berfikir dan berdiskusi bagi penulis.
5. Teman-teman yang tinggal di Brotherhouse Laguna yang selalu mendoakan dan memberikan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
6. Kedua orang tua, Bapak Wahyono dan Ibu Sariyati dan keluarga besar yang telah mendidik dan dengan sabar



memberikan semangat dan doa yang tak putusya bagi kelancaran penyusunan laporan Tugas Akhir Penulis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan agar Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya bagi civitas akademika Teknik Sipil.

Surabaya, Mei 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
Abstrak.....	vii
Abstract.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.2.1 Umum.....	3
1.2.2 Khusus.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.3.1 Umum.....	3
1.3.2 Khusus.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Beton Pracetak.....	7
2.3 Pabrikasi beton Pracetak.....	8
2.4 Tinjauan Elemen Pracetak.....	8
2.4.1 Pelat Pracetak.....	8

2.4.2 Balok Pracetak .....	9
2.4.3 Kolom Pracetak .....	10
2.5 Sambungan Beton Pracetak .....	11
2.5.1 Sambungan Cor Setempat .....	12
2.5.2 Sambungan Las .....	13
2.5.3 Sambungan Baut .....	13
2.6 Titik-titik Angkat dan Sokongan .....	14
2.6.1 Pengangkatan Pelat / Dinding Pracetak.....	15
2.6.2 Pengangkatan Balok atau Kolom Pracetak.....	17
2.6.3 Geser Horizontal .....	19
2.6.4 Detail Penulangan .....	19
2.7 Sistem Pracetak Bresphaka.....	21
2.8 Preliminary Desain .....	23
2.8.1 Perencanaan Dimensi Kolom.....	24
2.8.2 Perencanaan Dimensi Balok Induk .....	24
2.9 Perhitungan Struktur Sekunder .....	25
2.9.1 Penentuan Dimensi Pelat .....	25
2.9.2 Perencanaan Balok Anak .....	26
2.9.3 Perencanaan Tangga .....	26
2.9.4 Perencanaan Lift .....	26
2.10 Pembebanan .....	27
2.10.1 Beban Statis .....	27
2.10.2 Beban Gempa.....	28
2.11 Permodelan dan Analisa Struktur .....	34

2.12 Perhitungan Struktur Utama .....	34
2.13 Perencanaan Balok Pracetak dengan Kolom.....	35
2.14 Perencanaan Basement .....	35
2.14.1 Struktur Penahan Tanah .....	36
2.14.2 Dimensi Tipikal Dinding Penahan Tanah .....	36
2.14.3 Embedded Wall.....	37
2.15 Pemilihan Bentuk dan Jenis Pondasi .....	39
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>41</b>
3.1 Umum.....	41
3.2 Bagan Alir Perencanaan .....	41
3.3 Pengumpulan Data .....	42
3.4 Study literatur .....	43
3.5 Penentuan Kriteria Desain .....	43
3.6 Preliminary Design .....	43
3.6.1 Pengaturan Denah .....	43
3.6.2 Penentuan dimensi elemen struktur.....	43
3.6.2.1 Dimensi pelat dan balok anak .....	43
3.6.2.2 Dimensi Balok Induk .....	44
3.6.2.3 Dimensi Kolom.....	44
3.7 Perencanaan Struktur Sekunder .....	45
3.7.1 Perencanaan Tulangan Pelat .....	45
3.7.2 Perencanaan Tangga .....	45
3.7.3 Perencanaan Balok Anak .....	46
3.7.4 Perencanaan Lift .....	46

3.8	Pembebanan .....	46
3.9	Permodelan Struktur dan Analisa Struktur .....	48
3.9.1	Permodelan Struktur .....	48
3.9.2	Analisa Struktur .....	48
3.10	Perencanaan Struktur Primer .....	48
3.10.1	Perencanaan Tulangan Balok .....	49
3.10.2	Perencanaan Tulangan Kolom .....	50
3.10.3	Perencanaan Tulangan Dinding Geser .....	51
3.11	Perencanaan Sambungan .....	52
3.11.1	Sambungan Base Plate - Kolom / Kolom – Kolom .....	52
3.11.2	Sambungan Pada Balok - Kolom .....	53
3.12.1.	Sambungan Pada Balok Induk – Balok Anak .....	54
3.12.2.	Sambungan Pada Balok – Pelat .....	55
3.12	Perencanaan Basement .....	56
3.13	Perencanaan Pondasi .....	57
3.14	Pelaksanaan Elemen Pracetak .....	60
3.15	Gambar Teknik .....	60
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>		<b>61</b>
4.1	Preliminary Desain .....	61
4.1.1	Umum .....	61
4.1.2.	Data Perencanaan .....	61
4.1.3	Pembebanan .....	61
4.1.4	Perencanaan Struktur .....	62
4.1.4.1	Perencanaan Balok Induk .....	62

4.1.4.2	Perencanaan Balok Anak .....	64
4.1.4.3	Perencanaan Pelat .....	65
4.1.4.3.1	Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai .....	66
4.1.4.4	Perencanaan Kolom .....	67
4.1.4.5	Perencanaan Dinding Geser .....	73
4.2	Permodelan dan analisa struktur .....	74
4.2.1	Umum .....	74
4.2.2	Permodelan Struktur .....	74
4.2.3	Pembebanan dan Perhitungan Berat Struktur .....	75
4.2.4	Pembebanan Gempa Dinamis .....	76
4.2.4.1	Faktor Keutamaan gempa .....	76
4.2.4.2	Kelas Situs .....	76
4.2.4.3	Parameter Respon Spectral .....	76
4.2.4.4	Parameter Percepatan Spectral Desain .....	77
4.2.4.5	Kategori Desain Seismik .....	78
4.2.4.6	Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain.....	78
4.2.4.7	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	79
4.2.4.8	Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear).....	81
4.2.4.9	Kontrol Dual System .....	85
4.2.4.10	Kontrol Partisipasi Massa .....	85
4.2.4.11	Kontrol Drift.....	86
4.2.4.12	Analisa Eksentrisitas .....	91
4.3	Perencanaan Struktur Sekunder .....	97

4.3.1 Perencanaan Pelat Pracetak .....	97
4.3.1.1 Umum.....	97
4.2.1.2 Data Perencanaan Pelat.....	99
4.2.1.3 Pembebanan Pelat .....	100
4.3.1.4 Perhitungan Tulangan Pelat .....	101
4.3.1.5 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat.....	111
4.3.1.6 Pengangkatan Pelat .....	112
4.3.1.7 Kontrol Lendutan Pelat .....	115
4.3.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	123
4.3.2.1 Data Perencanaan Balok Anak Pracetak .....	123
4.3.2.2 Pembebanan Balok Anak Pracetak .....	124
4.3.2.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak.....	126
4.3.2.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak .....	139
4.3.3 Perencanaan Tangga .....	143
4.3.3.1 Data – Data Perencanaan Tangga .....	143
4.3.3.2 Pembebanan Tangga dan Bordes .....	144
4.3.3.3 Perhitungan Gaya pada Tangga .....	145
4.3.3.4 Perhitungan Tulangan Tangga .....	150
4.3.3.5 Rekapitulasi Tulangan Tangga.....	154
4.3.4 Perencanaan Balok Lift.....	155
4.3.4.1 Spesifikasi lift.....	155
4.3.4.2 Perencanaan balok penggantung <i>lift</i> .....	155
4.4 Perencanaan Struktur Primer .....	159
4.4.1 Umum .....	159

4.4.2 Perencanaan Balok Induk.....	159
4.4.2.1 Data Perencanaan Balok Induk .....	160
4.4.2.2 Pembebanan Balok Induk .....	160
4.4.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Induk .....	162
4.4.3.4 Pengangkatan Balok Induk .....	180
4.4.2.1 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk.....	182
4.4.3 Perencanaan Kolom Pracetak.....	185
4.4.3.1 Data Perencanaan Kolom Pracetak .....	185
4.4.3.2 Kontrol Dimensi Kolom .....	186
4.4.3.3 Penulangan Longitudinal Kolom .....	187
4.4.3.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom...	188
4.4.3.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor .....	188
4.4.3.6 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”.....	188
4.4.3.7 Perencanaan Tulangan Transversal Sebagai Pengekang Inti Beton ( <i>Convinement</i> ) .....	189
4.4.3.8 Kontrol Gaya tekan terhadap gaya geser rencana .....	191
4.4.3.9 Kontrol Kebutuhan Torsi .....	194
4.4.3.10 Pengangkatan Kolom Pracetak .....	194
4.4.4 Perencanaan Dinding Geser ( <i>ShearWall</i> ).....	197
4.4.4.1 Data Perencanaan.....	197
4.4.4.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser ....	198
4.4.4.3 Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser .....	198



4.4.4.4	Penulangan Geser Shearwall.....	198
4.4.4.5	Penulangan Geser ShearWall Arah X .....	199
4.4.4.6	Kontrol Rasio Tulangan.....	200
4.4.4.7	Kontrol Spasi Tulangan Vertical dan Horizontal .....	200
4.4.4.8	Kontrol Komponen Batas .....	201
4.4.4.9	Kontrol Tulangan Longitudinal ShearWall .....	202
4.5	Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak.....	202
4.5.1	Umum.....	202
4.5.2	Konsep Desain Sambungan .....	203
4.5.3	Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak .....	204
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok-Kolom.....	209
4.4.4.1	Rekapitulasi sambungan .....	214
5.5	Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk	215
4.4.5.1	Rekapitulasi Sambungan.....	219
4.5.6	Perencanaan Sambungan Pelat – Balok .....	220
4.5.7	Perencanaan Sambungan Tangga – Shearwall .....	221
4.5.8	Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak .....	223
4.6	Perencanaan Basement .....	225
4.6.1	Perencanaan Dinding PenahanTanah (Soldier Pile)	225
4.6.2	Soldier pile tanpa perkuatan Ground Anchor .....	226
4.6.3	Soldier pile dengan perkuatan Ground Anchor .....	231
4.6.3.1	Perencanaan Tulangan Soldier Pile.....	236
4.6.4	Gaya <i>Uplift</i> untuk Pelat <i>Basement</i> .....	237

4.6.4.1	Data Perencanaan.....	237
4.6.4.2	Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> .....	237
4.6.4.3	Rekapitulasi Tulangan Pelat <i>Basement</i> .....	238
4.7	Perencanaan Pondasi .....	239
4.7.1	Umum .....	239
4.7.2	Beban Struktur .....	239
4.7.3	Spesifikasi Tiang Pancang .....	242
4.7.4	Data Tanah.....	243
4.7.5	Daya Dukung Pondasi.....	243
4.7.5.1	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal .....	243
4.7.5.2	Jarak Antar Tiang Pancang .....	248
4.7.5.3	Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang dalam Grup .....	249
4.7.5.4	Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral .....	254
4.7.6	Perencanaan Poer pada Kolom.....	256
4.7.6.1	Kontrol Geser Ponds.....	256
4.7.6.2	Penulangan Poer .....	259
4.7.7	Perencanaan Sloof.....	264
BAB V	PENUTUP.....	267
5.1	Kesimpulan.....	267
5.2	Saran.....	270
DAFTAR	PUSTAKA.....	271
LAMPIRAN	.....	273

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hollow Core Slab .....	9
Gambar 2. 2 Pelat pracetak tanpa lubang (Solid Slab).....	9
Gambar 2. 3 Pelat pracetak Single Tee dan Double Tees .....	9
Gambar 2. 4 Balok berpenampang persegi (Rectangular Beam) 10	
Gambar 2. 5 Balok berpenampang L (L-Shape Beam).....	10
Gambar 2. 6 Balok T terbalik (Inverted Tee Beam) .....	10
Gambar 2. 7 Sambungan Cor Setempat.....	12
Gambar 2. 8 Sambungan Las.....	13
Gambar 2. 9 Sambungan Baut.....	14
Gambar 2. 10 Posisi titik angkat pelat (2 buah titik angkat) .....	15
Gambar 2. 11 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat) .....	16
Gambar 2. 12 Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat) .....	16
Gambar 2. 13 Pengangkatan balok / kolom pracetak.....	17
Gambar 2. 14 Model pembebanan balok / kolom pracetak saat pengangkatan.....	17
Gambar 2. 15 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok / kolom .....	18
Gambar 2. 16 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar .....	20
Gambar 2. 17 Sistem Struktur Pracetaka Bresphaka (Pertemuan Balok-Kolom) .....	22
Gambar 2. 18 Sistem Struktur Pracetaka Bresphaka (Pertemuan Kolom-Kolom).....	23
Gambar 2. 19 Ss (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk periode pendek 0.2 detik) .....	30
Gambar 2. 20 S1 (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk periode 1 detik) .....	30
Gambar 2. 21 Berbagai Tipe Embedded walls .....	39
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir .....	41

Gambar 3. 2 Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur (SNI 2847:13 Pasal 11.4) .....	45
Gambar 3. 3 Pemasangan Sambungan Kolom.....	53
Gambar 3. 4 Detail Penulangan Balok-Kolom .....	54
Gambar 3. 5 Parameter geometri konsol pendek .....	54
Gambar 3. 6 Sambungan balok induk dengan balok anak .....	55
Gambar 3. 7. Sambungan Balok Induk dengan Pelat.....	56
Gambar 3. 8 Gambar Ilustrasi Tiang Pancang .....	59
Gambar 4. 1 Denah Pembalokan .....	63
Gambar 4. 2 Permodelan Struktur dengan software ETABS 2013 .....	74
Gambar 4. 3. Grafik Respon Spektrum Desain.....	79
Gambar 4. 4. Nilai $C_t$ dan $x$ .....	79
Gambar 4. 5. Pelat Lantai Type .....	99
Gambar 4. 6. Momen Pengangkatan Pelat Pracetak .....	109
Gambar 4. 7. Jarak Tulangan Angkat .....	112
Gambar 4. 8. Profil PSA dan Perkuatan .....	115
Gambar 4. 9. Kait <i>Jenka Lifter</i> .....	115
Gambar 4. 10. Defleksi pada Pelat .....	117
Gambar 4. 11. Defleksi pada Pelat .....	119
Gambar 4. 12. Faktor Lendutan Jangka Panjang .....	120
Gambar 4. 13. Denah Balok Anak.....	124
Gambar 4. 14. Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit.....	124
Gambar 4. 15. Pembebanan Balok Anak .....	132
Gambar 4. 16. Pengangkatan Balok .....	136
Gambar 4. 17. Denah Tangga.....	143
Gambar 4. 18. Permodelan Struktur Tangga .....	145
Gambar 4. 19 Diagram Gaya Dalam Tangga.....	149
Gambar 4. 20 Denah Balok Induk .....	160
Gambar 4. 21 Distribusi Beban pada Balok Induk .....	161
Gambar 4. 22 Kombinasi Beban.....	161

Gambar 4. 23 Titik Angkat Balok Induk .....	177
Gambar 4. 24 Jenka PSA Short Inserts .....	182
Gambar 4. 25 Kait JL .....	182
Gambar 4. 26 Denah Kolom Pracetak .....	185
Gambar 4. 27. Output Program Bantu SPColumn .....	187
Gambar 4. 28 Penentuan gaya geser pada kolom .....	191
Gambar 4. 29 Output SpColumn (setelah Mpr) .....	192
Gambar 4. 30 Denah Shearwall .....	197
Gambar 4. 31 Diagram Interaksi ShearWall arah X .....	202
Gambar 4. 32. Detail Sambungan Balok – Kolom.....	203
Gambar 4. 33. Detai Sambungan Balok-Balok.....	204
Gambar 4. 34. Geometrik Konsol Pendek .....	205
Gambar 4. 35. Penulangan Konsol Pendek.....	207
Gambar 4. 36. Sambungan Single Sided Balok 50/70 cm .....	211
Gambar 4. 37. Sambungan Double Sided Balok 50/70 cm.....	214
Gambar 4. 38. Sambungan Single Sided Balok Induk-Balok Anak .....	217
Gambar 4.39.Sambungan Double Sided Balok Induk-Balok Anak .....	219
Gambar 4. 40. Ilustrasi Pertemuan antar Tulangan Kolom .....	223
Gambar 4. 41. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak.	224
Gambar 4. 42 Geometri Perencanaan Soldier Pile .....	225
Gambar 4. 43 Gambar Diagram Tekanan Tanah Horizontal ....	229
Gambar 4. 44 Permodelan Soldier Pile .....	230
Gambar 4. 45 Nilai Momen dan deflesi.....	230
Gambar 4. 46 Geometri Soldier Pile dengan Perkuatan Ground Anchore .....	231
Gambar 4. 47 Diagram Tekanan Tanah dengan Perkuatan Ground Anchore .....	232
Gambar 4. 48 Permodelan Soldier Pile .....	235
Gambar 4. 49 Nilai Momen dan deflesi.....	235
Gambar 4. 50 Diagram Interaksi Soldier Pile 1200 x 1200 .....	236
Gambar 4. 51 Denah Label Joint Reaction .....	242

Gambar 4. 52 Grafik Daya Dukung Tanah .....	248
Gambar 4. 53 Tiang Pancang Grup 1 .....	250
Gambar 4. 54 Tiang Pancang Grup PC Type 3.....	251
Gambar 4. 55 Denah Pondasi .....	254
Gambar 4. 56 Permodelan Analisa Spring (PC Tipe 1) .....	255
Gambar 4. 57 Hasil Output Analisa Spring dengan ETABS 2013 .....	255
Gambar 4. 58 Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X) .....	259
Gambar 4. 59. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y) .....	261
Gambar 4. 60 Permodelan Pile Cap Tipe 3.....	263
Gambar 4. 61 Nilai momen dari hasil analisa struktur.....	264
Gambar 4. 62 Diagram Interaksi P-M Sloof.....	265

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang.....	63
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk .....	64
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak.....	65
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Tebal Pelat .....	67
Tabel 4. 5 Perhitungan Perencanaan Dimensi Kolom.....	69
Tabel 4. 6 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra .....	78
Tabel 4. 7 Periode Fundamental .....	80
Tabel 4. 8 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS.....	82
Tabel 4. 9 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS $V_x$ & $V_y$ .....	83
Tabel 4. 10 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS $V_x$ & $V_y$ Baru .....	84
Tabel 4. 11 Kontrol Sistem Ganda .....	85
Tabel 4. 12 Total Partisipasi Massa .....	86
Tabel 4. 13 Batas Simpangan Gedung.....	86
Tabel 4. 14 Kontrol Simpangan arah X .....	87
Tabel 4. 15 Kontrol Simpangan arah Y .....	89
Tabel 4. 16 Eksentrisitas Aktual terhadap Pusat Massa dan Pusat Rotasi .....	92
Tabel 4. 17 Tabel Perhitungan Pusat Massa .....	95
Tabel 4. 18 Lendutan Izin Maksimum.....	121
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Penulangan Pelat.....	122
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak.....	142
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Penulangan Tangga .....	154
Tabel 4. 22 Tabel Output Momen dari Etabs.....	162
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (1) .....	183
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (2) .....	184
Tabel 4. 25Tabel Beban Aksial dan Momen pada Kolom .....	186
Tabel 4. 26 Tabel Perhitungan $M_{nc}$ .....	189
Tabel 4. 27 Tabel perhitungan $M_{pr}$ .....	192
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Penulangan Kolom Pracetak .....	196



Tabel 4. 29. Rekapitulasi Penulangan Konsol Pendek.....	208
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Single-Side Connection.....	214
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Double-Side Connection .....	214
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Single-Side Connection Balok Anak.	219
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Double-Side Connection Balok Anak	220
Tabel 4. 34 Perhitungan Tegangan Tanah Aktif .....	227
Tabel 4. 35 Perhitungan Tegangan Tanah Pasif .....	228
Tabel 4. 36 Perhitungan Momen Pendorong .....	228
Tabel 4. 37 Perhitungan Momen Penahan .....	229
Tabel 4. 38 Tekanan Tanah Aktif Horizontal .....	233
Tabel 4. 39 Tekanan Tanah Pasif Horizontal.....	233
Tabel 4. 40 Perhitungan Momen Pendorong .....	234
Tabel 4. 41 Perhitungan Momen Penahan .....	234
Tabel 4. 42 Perhitungan Momen Ground Anchore .....	234
Tabel 4. 43 Rekapitulasi Tulangan Pelat <i>Basement</i> .....	238
Tabel 4. 44 Output Joint Reaction Pada pada Perletakan Kolom dan Shearwall.....	240
Tabel 4. 45 Data Tanah 0-3.2 .....	245
Tabel 4. 46 Nilai N Terkoreksi N1 dan N2.....	247
Tabel 4. 47 Perhitungan Tiang Pancang dalam Grup (kolom)..	252
Tabel 4. 48 Perhitungan Tiang Pancang dalam Grup (ShearWall) .....	253
Tabel 4. 49 Korelasi Ks (Bowless) .....	254
Tabel 5. 1 Dimensi Struktur Sekunder.....	267
Tabel 5. 2 Dimensi Struktur Primer dan Pondasi.....	267

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Surabaya merupakan kota besar yang menjadi pusat perekonomian Jawa Timur. Terdapat banyak kegiatan ekonomi, perdagangan dan pemerintahan di kota ini. Hal ini memberikan dampak berupa meningkatnya jumlah penduduk di kota Surabaya. Dengan demikian kebutuhan hunian dan tempat tinggal juga akan meningkat. Selain hal itu, angka pembangunan infrastruktur berupa gedung perkantoran dan infrastruktur umum juga meningkat sehingga ketersediaan lahan untuk pembangunan hunian atau rumah tinggal menjadi terbatas dan memiliki harga yang mahal. Hal ini memerlukan solusi yang tepat, untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal dengan keterbatasan lahan. Solusi yang bisa diterapkan adalah dengan pembangunan apartemen dengan konsep pembangunan vertikal untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal.

Tower Caspian adalah salah satu tower apartemen Grand Sungkono Lagoon yang terletak di Jl. Abdul Wahab Siamin Kav 9-10 Surabaya. Apartemen ini dibangun untuk pemenuhan kebutuhan tempat tinggal atau hunian dalam menunjang kegiatan perekonomian di pusat kota Surabaya. Pada kondisi eksisting, Tower Caspian memiliki 48 lantai dan 4 basement dengan dinding geser (Shear Wall). Metode konstruksi yang digunakan dalam membangun Tower Apartemen ini menggunakan metode cor di tempat.

Pembangunan Apartemen dengan metode cor ditempat memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah kurangnya kontrol terhadap mutu elemen struktur, waktu pengerjaan yang relatif lama dan dalam pelaksanaan pengecoran elemen struktur tergantung pada cuaca, serta kerumitan pada pelaksanaan di lapangan karena diperlukan pemasangan bekisting beton sebelum pengecoran.

Terdapat metode lain yang lebih efisien dalam perencanaan Tower Caspian ini, yaitu menggunakan metode pracetak. Metode Pracetak memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode konvensional, diantaranya ialah: mutu elemen pracetak akan mudah dalam pengontrolannya, selain itu metode pracetak lebih memiliki nilai ekonomis, waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dibanding dengan metode cor ditempat, dan kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi karena pekerja lapangan hanya mengerjakan cast in situ dalam menggabungkan komponen-komponen pracetak.

Dalam beberapa tahun terakhir, di Indonesia pembangunan struktur yang menggunakan beton pracetak (pre-cast) berkembang sangat pesat seperti pembangunan rumah tinggal, gedung bertingkat untuk rumah susun, perkantoran, apartemen dan lain-lain (Nurjaman dkk. 2008, Triwiyono dkk. 2010). Kelebihan dari beton pracetak adalah material beton relatif murah harganya, mudah dalam pengerjaan, dan tahan lama. Karena pembuatan beton pracetak dilakukan secara fabrikasi maka kekuatan dan mutu beton terjamin (lebih terkontrol). Dengan pelaksanaan pembangunan yang lebih cepat, maka pemakaian beton pracetak akan menghemat biaya konstruksi bila diproduksi massal.

Dalam perencanaan metode pracetak diperlukan perhitungan yang tepat dengan mempertimbangkan pemilihan elemen pracetak yang sesuai dengan keperluan konstruksi agar menghasilkan desain yang optimum. Penerapan sistem pracetak akan efektif dan efisien bila diterapkan pada pekerjaan yang sifatnya berulang dan massal (Tjahyono dan Purnomo, 2004). Selain itu juga diperlukan ketelitian dan metode pelaksanaan konstruksi yang tepat agar pelaksanaan konstruksi berjalan sesuai dengan rencana. Untuk itu dalam penulisan Tugas Akhir ini akan merencanakan ulang desain struktur Tower Caspian dengan metode pracetak dan gedung ini direncanakan dengan system rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan panduan peraturan perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 2847:2013 tentang perhitungan beton untuk bangunan gedung,

perencanaan ketahanan gempa SNI 1726:2012, SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Diharapkan dengan perencanaan desain modifikasi Tower Caspian dengan metode pracetak bisa menjadi desain alternatif untuk pembangunan Tower Caspian.

## **1.2 Perumusan Masalah**

### **1.2.1 Umum**

Perumusan masalah secara umum dari perencanaan desain modifikasi Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon adalah bagaimana membangun struktur gedung Apartemen bertingkat tinggi dengan menggunakan metode beton pracetak?

### **1.2.2 Khusus**

1. Bagaimana menentukan preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan perhitungan desain Tower Caspian ?
2. Bagaimana perhitungan pembebanan sesuai dengan SNI?
3. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur Tower Caspian?
4. Bagaimana menentukan dimensi dari elemen beton pracetak (balok, kolom dan pelat) yang efektif sesuai keperluan beban?
5. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak agar menjadi struktur elemen yang monolit?
6. Bagaimana merencanakan basement sesuai dengan kondisi tanah dan keperluan beban struktur atas?
7. Bagaimana merencanakan pondasi dari Tower Caspian yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda?
8. Bagaimana membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Tower Caspian menggunakan metode beton pracetak?

## **1.3 Tujuan**

### **1.3.1 Umum**

Tujuan dari perencanaan desain modifikasi Tower Caspian ini adalah mampu merencanakan struktur gedung bertingkat tinggi dengan menggunakan metode beton pracetak

### **1.3.2 Khusus**

1. Menentukan preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan perhitungan desain Tower Caspian.
2. Menghitung pembebanan setelah perencanaan desain modifikasi Tower Caspian
3. Melakukan analisa permodelan struktur desain modifikasi Tower Caspian.
4. Menentukan dimensi dari elemen beton pracetak monolit sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur Tower Caspian.
5. Menentukan metode sambungan dari elemen-elemen pracetak yang monolit.
6. Mampu merencanakan basement sesuai dengan kondisi tanah dan keperluan beban struktur atas.
7. Mampu merencanakan pondasi dari struktur Tower yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda.
8. Membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Tower Caspian menggunakan metode beton pracetak.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam perencanaan ulang Tower Caspian dengan metode pracetak adalah :

1. Perencanaan menggunakan teknologi beton pracetak (non-prategang) pada semua elemen struktur (pelat, balok, dan kolom) kecuali dinding geser dan tangga menggunakan sistem cor setempat (cast in site).
2. Perencanaan tidak meninjau anggaran biaya dan manajemen konstruksi.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari perencanaan ini adalah :

1. Memahami perancangan metode beton pracetak pada struktur gedung bertingkat.

2. Menambah wawasan penulis tentang metode beton pracetak sehingga bermanfaat di masa mendatang ketika memasuki dunia kerja.
3. Menambah referensi metode pengerjaan gedung bagi dunia konstruksi.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini Perencanaan Tower caspian akan dimodifikasi dan direncanakan dengan Sistem Pracetak. Dalam perencanaan dan pembuatan beton Pracetak hampir sama dengan beton cor setempat, perbedaannya hanya terletak pada sistem fabrikasinya. Tinjauan pustaka ini akan dibahas dasar teori menyangkut perencanaan Tower Caspian secara umum dan dengan menggunakan beton pracetak secara khusus.

#### **2.2 Beton Pracetak**

Beton pracetak merupakan elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. “Beton Pracetak sebenarnya tidak berbeda dengan beton yang sering dijumpai dalam bangunan pada umumnya. Yang membedakan hanyalah proses produksinya. Beton pracetak dihasilkan dari proses produksi dimana lokasi pembuatannya berbeda dengan lokasi dimana elemen akan digunakan.” Ervianto (2006) Berbeda dengan beton pracetak beton cor ditempat (cas in place) beton langsung di produksi atau di cetak langsung di mana elemen beton akan diletakkan.

Terdapat beberapa keunggulan dari beton pracetak dibandingkan dengan beton cor di tempat (cas in place) :

1. Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunan.
2. Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana.
3. Waktu kontruksi yang relatif lebih singkat, karena para pekerja lapangan hanya mengerjakan cast in situ dan kemudian menggabungkan dengan komponen-komponen pracetak.
4. Produksinya tidak tergantung dengan cuaca.
5. Dapat dihasilkan bangunan dengan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik.



## 2.3 Pabrikasi beton Pracetak

Pabrikasi beton pracetak dibagi dalam 2 bagian :

### 1. Pabrikasi di lokasi proyek (tidak permanen)

Fabrikasi yang tidak permanen ini dilakukan apabila luas areal pengerjaan proyek cukup memadai. Juga diperlukan lingkungan yang mendukung dalam pergerakan transportasi dari komponen pracetak itu sendiri. Umumnya pabrikasi yang tidak permanen ini sesuai dengan istilahnya, yaitu hanya bersifat sementara, pabrik akan dibongkar setelah proses fabrikasi komponen pracetak selesai. Sehingga umur pabrik sesuai dengan umur pelaksanaan proyek.

### 2. Pabrikasi bersifat permanen

Pabrikasi bersifat permanen adalah pabrikasi yang dilakukan oleh suatu industri (pabrik) beton, umumnya pabrikasi ini melayani segala kebutuhan sesuai dengan kapasitas atau kemampuan produksi dari pabrik tersebut. Pabrikasi permanen ini biasanya membutuhkan areal yang sangat luas karena melakukan produksi secara massal dan tentunya didukung dengan lokasi sumber bahan baku yang relatif dekat.

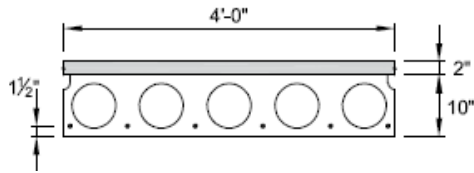
## 2.4 Tinjauan Elemen Pracetak

### 2.4.1 Pelat Pracetak

Dalam *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada tiga macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain :

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

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 15 inchi.



Gambar 2. 1 Hollow Core Slab

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

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



Gambar 2. 2 Pelat pracetak tanpa lubang (*Solid Slab*)

## 3) Pelat Pracetak *Double Tess* dan *Single Tees*

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



Gambar 2. 3 Pelat pracetak *Single Tee* dan *Double Tees*

### 2.4.2 Balok Pracetak

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

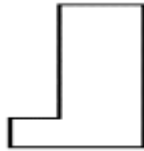
- 1) Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*) :

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



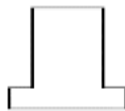
Gambar 2. 4 Balok berpenampang persegi (Rectangular Beam)

- 2) Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



Gambar 2. 5 Balok berpenampang L (L-Shape Beam)

- 3) Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)



Gambar 2. 6 Balok T terbalik (Inverted Tee Beam)

### 2.4.3 Kolom Pracetak

Berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 16.5.1.3 (a), kolom pracetak harus mempunyai kekuatan nominal dalam kondisi tarik tidak kurang dari  $1,4A_g$  dalam N. Untuk kolom dengan penampang yang lebih besar dari yang diperlukan dengan tinjauan pembebanan, luas efektif tereduksi  $A_g$ , yang didasarkan pada penampang yang diperlukan tetapi tidak kurang dari setengah luas total, hal ini diizinkan.

## 2.5 Sambungan Beton Pracetak

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat dua metode yang sering digunakan untuk menyatukan komponen-komponen pracetak. Metode pertama menggunakan sambungan kering, sambungan kering adalah metode penyambungan komponen pracetak dimana sambungan tersebut segera berfungsi secara efektif.

Pada *dry-joint*, struktur yang terbentuk kurang monolit, setelah proses instalasi sambungan segera dapat berfungsi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi, kelemahannya: toleransi dimensi rendah sehingga membutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan pemasangan (Noorhidana, 2001). Sambungan metode kering diantaranya adalah sambungan dengan menggunakan las/baut. Sedangkan sambungan basah merupakan metode sambungan yang membutuhkan beberapa waktu untuk bisa digunakan secara efektif. Sambungan tersebut antara lain, sambungan dengan cor di tempat (*in situ concrete joint*), Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri yang disajikan dalam tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbedaan Metode Penyambungan

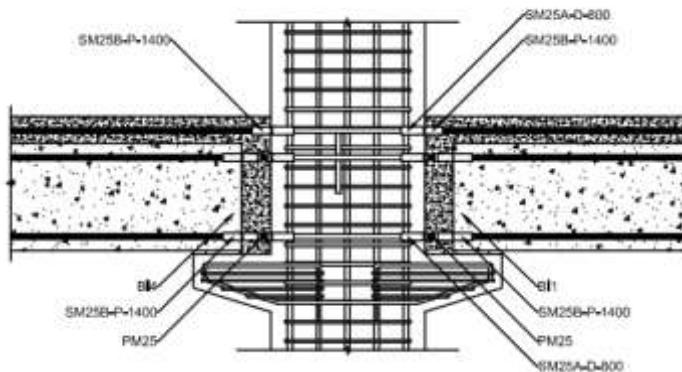
Deskripsi	Sambungan dengan cor setempat	Sambungan dengan las/baut
Kebutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Jenis sambungan	Basah	Kering
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Tergolong rendah, karena dibutuhkan akurasi yang tinggi

Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu setting time	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

Sumber : Wulfram I. Ervianto (2006)

### 2.5.1 Sambungan Cor Setempat

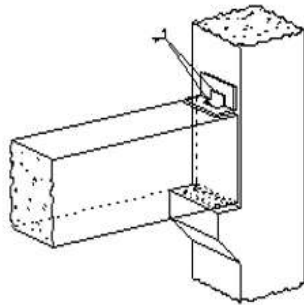
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya.



Gambar 2. 7 Sambungan Cor Setempat

### 2.5.2 Sambungan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan plat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti gambar 2.8. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.

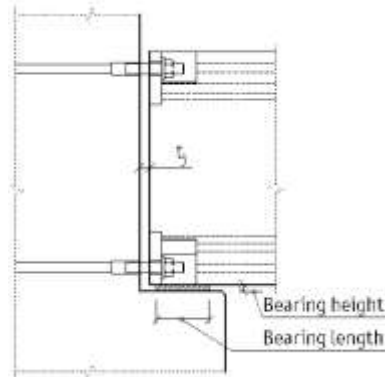


Gambar 2. 8 Sambungan Las

### 2.5.3 Sambungan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat 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 pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton, guna melindungi dari korosi. Tipe sambungan ini digunakan karena merupakan sambungan dengan metode pelaksanaan yang paling praktis, selain itu juga menurut hasil penelitian sambungan dengan menggunakan *Bolt Connection* lebih monolit dan memiliki daktilitas yang sangat tinggi dibandingkan dengan sambungan las, tetapi dari tinjauan kekuatan tentunya beton dengan cor di tempat lebih monolit tetapi

metode pelaksanaannya lambat. (R. Vidjeapriya dan K.P. Jaya, 2011).



Gambar 2. 9 Sambungan Baut

Sumber : *Peikko Group*

Sambungan direncanakan supaya memiliki kekakuan seperti beton monolit. Elemen pracetak dengan tuangan beton di atasnya, diharapkan sambungan elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit. Gaya dapat disalurkan antara komponen struktur dengan menggunakan sambungan *grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombinasi dari cara-cara tersebut. Panjang lekatan setidaknya harus sebesar tiga puluh kali diameter tulangan. Kait digunakan jika panjang penyaluran yang diperlukan terlalu panjang. Panjang pengankuran yang didapatkan dari hasil eksperimen adalah 8 kali diameter sampai dengan 15 kali diameter pada sisi yang tidak mengalami retak guna mengatasi kondisi terburuk sebaiknya digunakan tiga puluh kali diameter tulangan (*Elliott, 2002*).

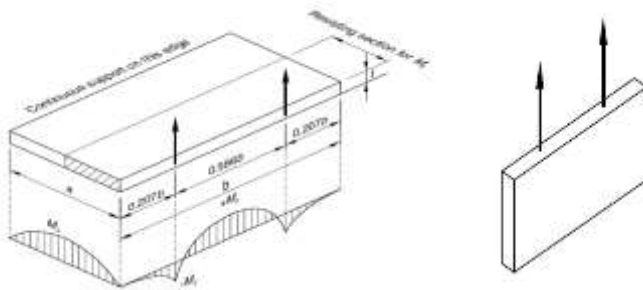
## 2.6 Titik-titik Angkat dan Sokongan

Dalam perencanaan struktur pracetak diperlukan perencanaan tulangan angkat. Hal ini bertujuan agar saat pengangkatan elemen pracetak bisa berlangsung dengan baik dan tanpa ada kegagalan perencanaan seperti terjadinya elemen yang retak dan patah.

### 2.6.1 Pengangkatan Pelat / Dinding Pracetak

Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulanagan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

#### a. Dua Titik Angkat



Gambar 2. 10 Posisi titik angkat pelat (2 buah titik angkat)

(Sumber : PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition, gambar 8.3.1.(a)  
Maksimum Momen (pendekatan)

$$+M_x = -M_y = \frac{w a^2}{8}$$

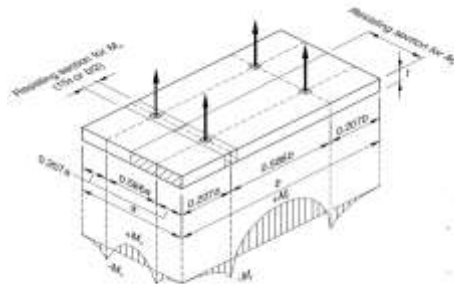
$$+M_y = -M_x = 0.0107 w a b^2$$

(2-1)

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

#### b. Empat Titik Angkat





Gambar 2. 11 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)  
(Sumber : PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition, gambar 8.3..2(a))

Maksimum Momen (pendekatan) :

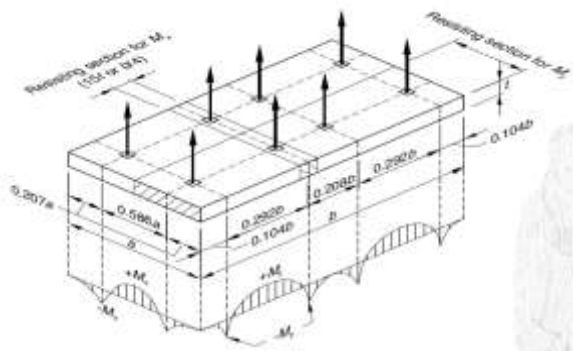
$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$$

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

(2-2)

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

c. Delapan Titik Angkat



Gambar 2. 12 Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)

(Sumber : PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition, gambar 8.3..2(b))

Maksimum Momen (pendekatan) :

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

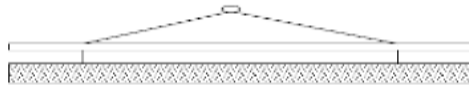
$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

(2-3)

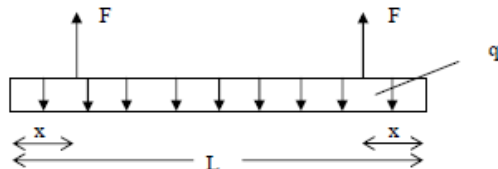
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$

### 2.6.2 Pengangkatan Balok atau Kolom Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok / kolom pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



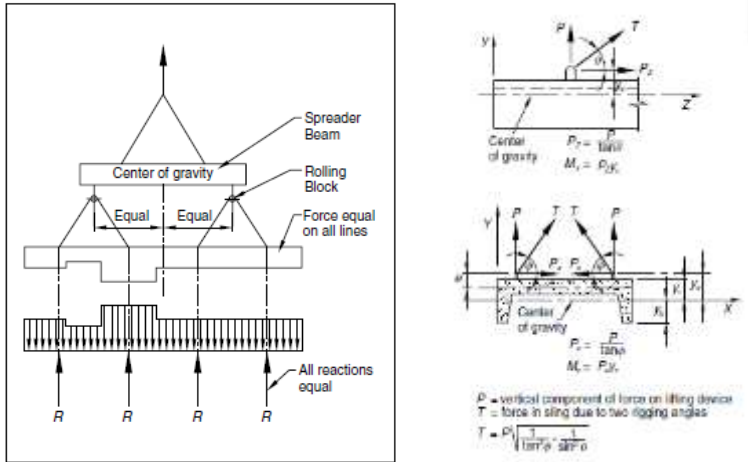
Gambar 2. 13 Pengangkatan balok / kolom pracetak



Gambar 2. 14 Model pembebanan balok / kolom pracetak saat pengangkatan

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan

dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 15 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok / kolom

(Sumber : PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 7<sup>th</sup> Edition, gambar 8.3.5)

Tabel 2. 2 Angka pengali beban statis ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis

Product type	Finish	
	Exposed aggregate with retarder	Smooth mo'l/ form oil only
Flat, with removable side forms, no false joints or reveals	1.2	1.3
Flat, with false joints and/or reveals	1.3	1.4
Fluted, with proper draft <sup>a</sup>	1.4	1.6
Sculptured and other conditions	1.5	1.7
<b>Yard handling<sup>b</sup> and erection<sup>b</sup></b>		
All products	1.2	
<b>Transportation<sup>c</sup></b>		
All products	1.5	

Sumber : PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 7<sup>th</sup> Edition, tabel 8.3.1)

### 2.6.3 Geser Horizontal

Pada pelat lantai dan balok pracetak, gaya geser yang terjadi:

$$V_{vh} = T = C = A_s f_y \quad (2-4)$$

Kuat geser horizontal menurut SNI 2847:13, pasal 17.5.4 adalah :

$$\phi V_{nh} = \phi \times 0,6 \times b_v \times l_{vh} \quad (2-5)$$

Menurut SNI 2847:13, pasal 11.6.4. tulangan geser horizontal perlu :

$$A_{vh} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} \quad (2-6)$$

### 2.6.4 Detail Penulangan

#### ➤ Penyaluran Tulangan dalam Tarik

Menurut SNI 2847:13, pasal 12.2.2 adalah sebagai berikut :

$$l_{d(\min)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Untuk } D \leq 19 \text{ mm} : l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad (2-7)$$

$$D \geq 22 \text{ mm} : l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

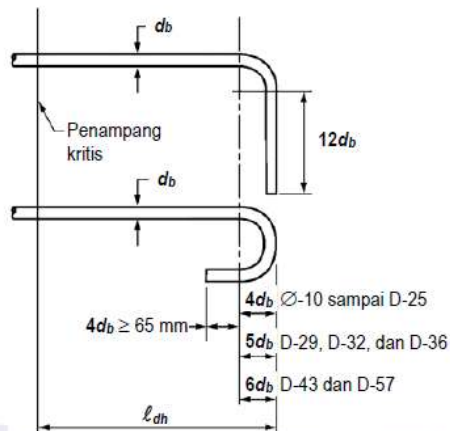
(2-8)

Tabel 2. 3 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik

$\psi_t$ = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan	1,3

Situasi lain	1,0
$\psi_e$ = faktor pelapis	
Batang atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari 3db atau spasi bersih kurang dari 6db	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dikalvanis)	1,0
$\psi_s$ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil atau kawat ulir	0,8
Batang D-22 dan yang lebih besar	1,0
$\lambda$ = faktor agregat ringan	
Apabila $f_{ct}$ ditetapkan	0,75
Beton normal	1,0

➤ **Penyaluran Tulangan Berkait dalam Tarik**



Gambar 2. 16 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar (SNI 2847:13)

Menurut SNI 2847:13, pasal 12.5.2 adalah sebagai berikut:

$$l_{h(\min)} = 8d_b \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang penyaluran dasar } \ell_{dh} = \left( 0,24 \Psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'_c} \right) / d_b$$

(2-9)

Tabel 2. 4 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Berkait dalam Tarik

Kondisi	Faktor
Selimit Beton , batang D-36 dan yang lebih kecil dengan tebal selimit samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 60 mm dan untuk kait 90 <sup>o</sup> dengan tebal selimit terhadap kait tidak kurang dari 50 mm	0,70
Senggang, batang D-36 dan yang lebih kecil yang secara vertikal atau horisontal dilindungi oleh senggang yang dipasang sepanjang $l_{dh}$ dengan spasi tidak lebih dari 3d <sub>b</sub>	0,80
Untuk kait 180 derajat dari batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil yang dilingkupi dalam pengikat atau senggang tegak lurus terhadap tulangan yang disalurkan tidak lebih besar dari 3d <sub>b</sub>	0,8

## 2.7 Sistem Pracetak Bresphaka

Bresphaka adalah suatu rekayasa konstruksi gedung dengan sistem struktur pracetak model open frame yang terdiri dari elemen pracetak kolom, balok, lantai, dinding, tangga dan elemen lainnya, dengan penggunaan bahan beton ringan atau beton normal atau kombinasi keduanya.

### a. Model struktur

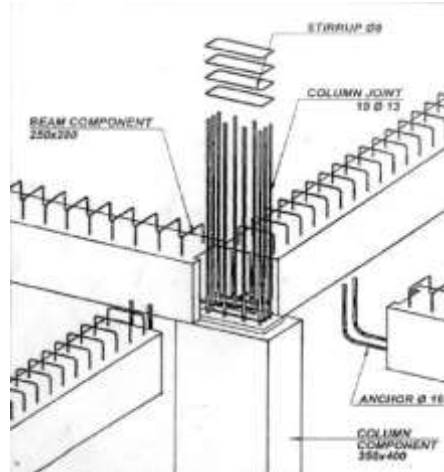
1. Bersifat rangka terbuka, bentuk penampang elemen struktur sesuai dengan desain dimodelkan dalam perhitungan program struktur.

2. Sambungan utama di titik kumpul dan direncanakan bersifat daktail penuh
3. Perencanaan memperhatikan “stress control”, pemodelan ditumpu dengan perletakkan (restraints) pada kondisi beban pelaksanaan struktur.

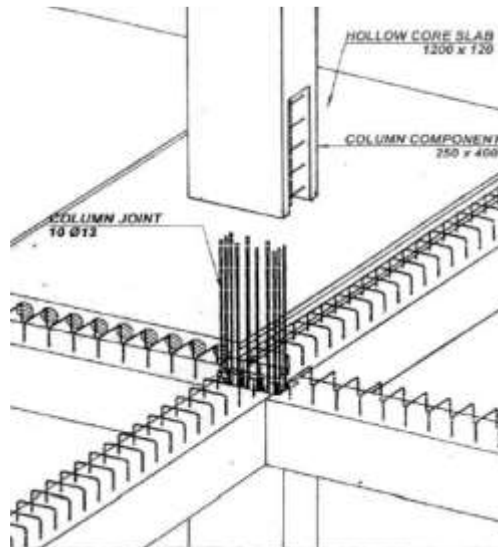
#### **b. Perencanaan sambungan**

Dalam perencanaan sambungan sistem pracetak Bresphaka memerlukan beberapa komponen sebagai berikut :

1. “Shear connector” pada balok, untuk menyatukan komponen balok dan plat
2. “Shear key” pada plat, diterapkan khusus daerah gempa agar plat dapat membentuk diafragma kaku.
3. Angkur balok pracetak ke joint, agar keruntuhan/sendi plastis tidak terjadi di perbatasan balok joint.
4. Angkur kolom, untuk transfer gaya dari kolom atas ke kolom bawah



Gambar 2. 17 Sistem Struktur Pracetak Bresphaka  
(Pertemuan Balok-Kolom)



Gambar 2. 18 Sistem Struktur Pracetaka Bresphaka (Pertemuan Kolom-Kolom)

**c. Kelebihan dari sistem struktur pracetak Bresphaka**

1. Sistem BRESPHAKA dengan bahan beton mutu tinggi, selain akan memperkecil dimensi struktur/volume beton, juga akan mengurangi berat masa bangunan sehingga dimensi pondasi lebih kecil.
2. Produktivitas tenaga kerja lebih tinggi, sehingga adanya efisiensi biaya yang menjadikan proyek jadi lebih hemat.
3. Kontrol kualitas sistem pabrikasi lebih terjamin.
4. Akurasi ukuran dari elemen bresphaka, menjamin pemasangan di Lapangan lebih presisi dan hasil kerja lebih rapi
5. Efisiensi terhadap waktu pelaksanaan

**2.8 Preliminary Desain**

Preliminary desain adalah langkah awal untuk pengerjaan perencanaan struktur. Pada tahap preliminary desain ini perencana diharapkan memiliki acuan standart dalam menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk dilakukan analisa lanjutan.



### 2.8.1 Perencanaan Dimensi Kolom

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

$$A = \frac{w}{\phi \times f_c'} \quad (2-10)$$

Dimana,

W = Beban aksial yang diterima kolom

$f_c'$  = Kuat tekan beton karakteristik

A = Luas penampang kolom

### 2.8.2 Perencanaan Dimensi Balok Induk

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

$$h_{min} = \frac{L}{16} \text{ digunakan apabila } f_y = 420 \text{ Mpa} \quad (2-11)$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \text{ digunakan untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa} \quad (2-12)$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} (1,4 - 0,003\omega c) \text{ digunakan untuk nilai } \omega c \text{ 1440} \\ \text{sampai } 1840 \text{ kg/m}^3 \quad (2-13)$$

Dimana:

b = Lebar balok

h = Tinggi balok

L = Panjang balok

## 2.9 Perhitungan Struktur Sekunder

### 2.9.1 Penentuan Dimensi Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (*One-way slab*) atau pelat dua arah (*two-way slab*).
2. Tebal minimum pelat satu arah (*One-way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi:
  - a) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.3.2
    1. Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
    2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
  - b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ell_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0.2)}$$

(2-14)

(SNI 2847:2013 persamaan 9-12) dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- c) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

(2-15)

(SNI 2847:2013, persamaan 9-13) dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

dimana:

$\beta$  = rasio dimensi panjang terhadap pendek

$\alpha_m$  = nilai rata - rata dari  $\alpha_f$  untuk semua balok pada tepi dari suatu panel

Kebutuhan tulangan susut di atur dalam SNI 2847:2013 Pasal 7.12

### 2.9.2 Perencanaan Balok Anak

Untuk penentuan dimensi balok anak perhitungan sama dengan perhitungan balok induk. Beban pelat yang diteruskan ke balok anak dihitung sebagai beban trapesium, segitiga dan dua segitiga. Beban ekivalen ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi di balok anak untuk menentukan tulangan lentur dan geser (perhitungan tulangan longitudinal sama dengan pelat).

### 2.9.3 Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

(2-16)

Dimana :

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

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

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

### 2.9.4 Perencanaan Lift

Lift merupakan alat transportasi bagi manusia dalam melakukan mobilitas dalam suatu gedung perpindahan dilakukan dari satu tingkat ke tingkat lain. Lift direncanakan sesuai dengan kebutuhan jumlah lantai dan perkiraan jumlah pengguna lift.

Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift. Ruang landasan diberi

kelonggaran (lift pit) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perencanaan ini mencakup perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

## **2.10 Pembebanan**

Dalam melakukan analisa desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Perilaku suatu struktur sangat dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja padanya. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1727:2013, SNI 1726:2012 SNI 2847:2013 dan PPIUG 1983.

### **2.10.1 Beban Statis**

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis dibagi menjadi dua yaitu :

#### **a. Beban Mati**

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi yang dapat dipindahkan. Beban mati yang digunakan pada perancangan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)

#### **b. Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi kadang – kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada

suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban – beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup pada Peraturan SNI 1727 2013

### 2.10.2 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dapat dihirung sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 (tata cara Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung). Berikut adalah langkah langkah dalam menentukan beban gempa:

1. Pemilihan faktor keutamaan gempa
2. Pemilihan kelas situs tanah
3. Perhitungan respon spectrum
4. Perhitungan gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

#### 1. Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung apartemen masuk dalam kategori resiko II dengan factor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1,0.

Tabel 2.5 Kategori Resiko Gedung Apartemen

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II

Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa

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

## 2. Pemilihan Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data dimana gedung akan direncanakan.

Tabel 2.7 Kelas Situs

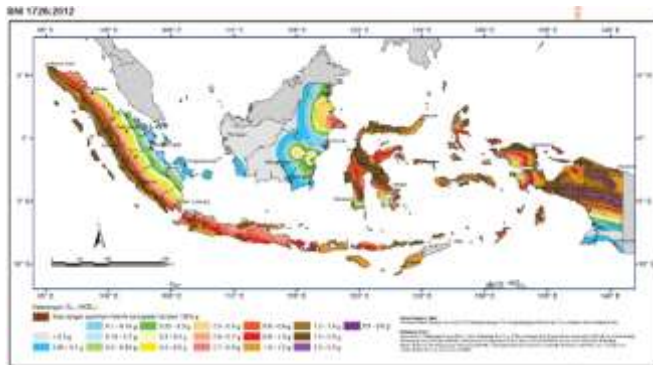
Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$N$ atau $N_{60}$	$\bar{s}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralir $\bar{s}_v < 25$ kPa		
	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut. - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_v < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

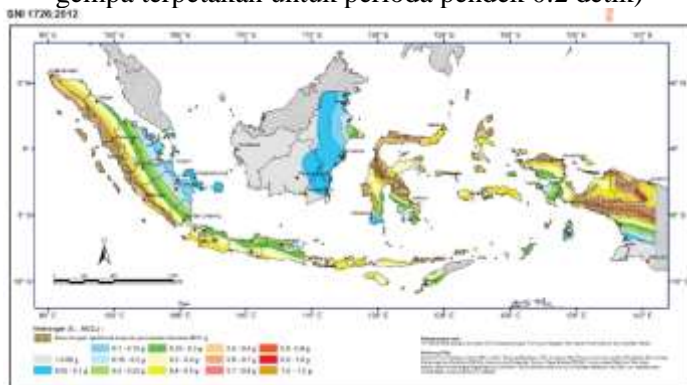
## 3. Perhitungan Respon Spectrum

- Parameter respon Spectral

Perhitungan parameter respon spektrum dihitung sesuai dengan data gempa di wilayah bangunan didirikan.



Gambar 2. 19 Ss (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda pendek 0.2 detik)



Gambar 2. 20 S1 (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik)

Dalam penentuan respons spectral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu factor amplifikasi seismic pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi factor amplifikasi getaran terkait percepatan getaran perioda pendek ( $F_a$ ) an perioda 1 detik ( $F_v$ ), parameter spektrum respons percepatan perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) yang sesuai dengan pengaruh kalsifikasi situs. Dari perhitungan tersebut nantinya akan ditentukan kategori risiko dan

sistem penahan gaya seismik untuk perencanaan gedung apartemen.

- Koefisien Situs

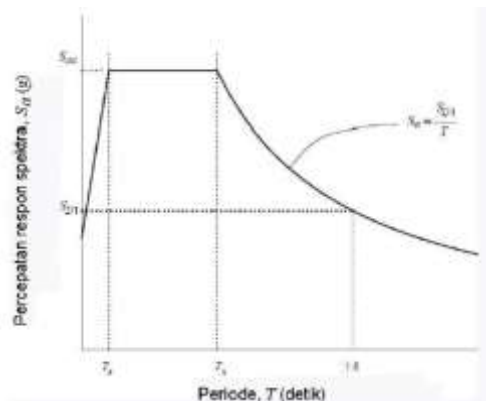
Tabel 2.8 Koefisien Situs Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>0</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S <sub>1</sub>				
	S <sub>1</sub> ≤ 0,25	S <sub>1</sub> = 0,5	S <sub>1</sub> = 0,75	S <sub>1</sub> = 1,0	S <sub>1</sub> ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S5 <sup>1</sup>				

Tabel 2.9 Koefisien Situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE <sub>0</sub> terpetakan pada periode 1 detik, S <sub>1</sub>				
	S <sub>1</sub> ≤ 0,1	S <sub>1</sub> = 0,2	S <sub>1</sub> = 0,3	S <sub>1</sub> = 0,4	S <sub>1</sub> ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	S5 <sup>2</sup>				

- Respon Spectra Desain



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

Gambar 2.21 Respon Spektra Desain

- Kategori Desain Seismik



Tabel 2.10 Kategori Desain Seismik Fa Periode 0,2 detik

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

Tabel 2.11 Kategori Desain Seismik Fv Periode 1 detik

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

- Sistem Penahan Gaya Seismik

Tabel 2.12 Faktor R, Cd dan  $\Omega_0$  Sistem Penahan Gaya Gempa

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

Respon Seismik (Cs)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2-17)$$

Dimana :

$S_{DS}$  = percepatan spektrum respons disain dalam rentan periode pendek

$R$  = faktor modifikasi respons (SNI 1726:2012 tabel 7.2-1)

$I_e$  = faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan Tabel 2.6

Nilai  $C_s$  max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2-18)$$

Perhitungan Gaya Geser dan Gaya Seismik Lateral

Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_S \times W$$

(2-19)

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

(2-20)

dimana :

$C_S$  = koefisien respons seismik SNI 1726:2012, Pasal 7.8.1.1

$W$  = berat seismik efektif menurut SNI 1726:2012, Pasal 7.7.2

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1

- 1)  $U = 1,4 D$
- 2)  $U = 1,2 D + 1,6 L$

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

### **2.11 Permodelan dan Analisa Struktur**

Permodelan dan analisa struktur dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur akibat pembebanan, baik beban gravitasi maupun beban lateral. Output dari permodelan ini antara lain untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Perilaku struktur secara keseluruhan antara lain: partisipasi massa harus memenuhi, simpangan per lantai harus memenuhi, serta gaya geser gempa harus mendekati total reaksi horizontal di perletakan. Sedangkan perilaku komponen struktur meliputi komponen kolom dan balok yang ditinjau dari gaya dalam yang didapat dari permodelan struktur. Gaya dalam pada kolom yang perlu diperhatikan antara lain aksial, momen arah x dan y, torsi, geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen, geser dan torsi.

Permodelan dan analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu ETABS dengan langkah-langkah permodelan sebagai berikut: Menggambar permodelan struktur, mendesain material dan penampang, memasukkan beban gravitasi dan beban lateral, perletakan diasumsikan sebagai jepit-jepit, kemudian dilakukan running, setelah itu dilakukan pengecekan apakah struktur tersebut sesuai dengan persyaratan atau tidak.

### **2.12 Perhitungan Struktur Utama**

Perhitungan perencanaan struktur utama dapat dilakukan setelah mendapatkan dimensi dan data pembebanan dari struktur sekunder. Perencanaan dan perhitungan struktur utama meliputi:

#### **1. Perencanaan Balok Induk**

Pendetailan persyaratan perencanaan blok induk dapat dilihat sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9 -10

#### **2. Perencanaan Kolom**

Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 23.5.1.

### 3. Persyaratan “Strong Column Weak Beams”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, dengan peraturan SNI 2847:2013 pasal 21.6.2

### 4. Perencanaan Dinding Geser

Dinding Geser adalah inding yang diproporsikan untuk menahankombinasi geser, momen, dan gaya aksial. Perencanaan Dinding Geser diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 21.1.3 hingga 21.1.7.

### **2.13 Perencanaan Balok Pracetak dengan Kolom**

Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Oleh sebab itu pada sambungan elemen pracetak ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang sama dengan beton cor di tempat. Untuk menghasilkan sambungan dengan kekakuan yang relatif sama dengan beton cor di tempat, dapat dilakukan beberapa hal berikut ini:

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan balok pracetak dan kolom dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 2847:2013 pasal 7.13, yaitu tulangan menerus atau pemberian kait standar pada sambungan ujung.
- Pemasangan dowel dan pemberian grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara balok pracetak dan kolom untuk mengantisipasi gaya lateral yang bekerja pada struktur.

### **2.14 Perencanaan Basement**

Basement adalah ruang bawah tanah yang terdiri dari komponen struktur dinding penahan tanah. Terdapat dua fase dalam perencanaan Dinding penahan tanah : pertama dengan menghitung gaya tekan tanah lateral struktur akan dicek kesetabilannya. Kontrol kesetabilan struktur yang harus dicek adalah overturning(momen guling), sliding (geser) dan bearing capacity (ambles). Kedua setiap komponen dari struktur dicek

untuk mendapatkan kekuatan struktur yang memadai dengan menentukan penulagan yang diperlukan. (**Braja M. Das, 1990**)

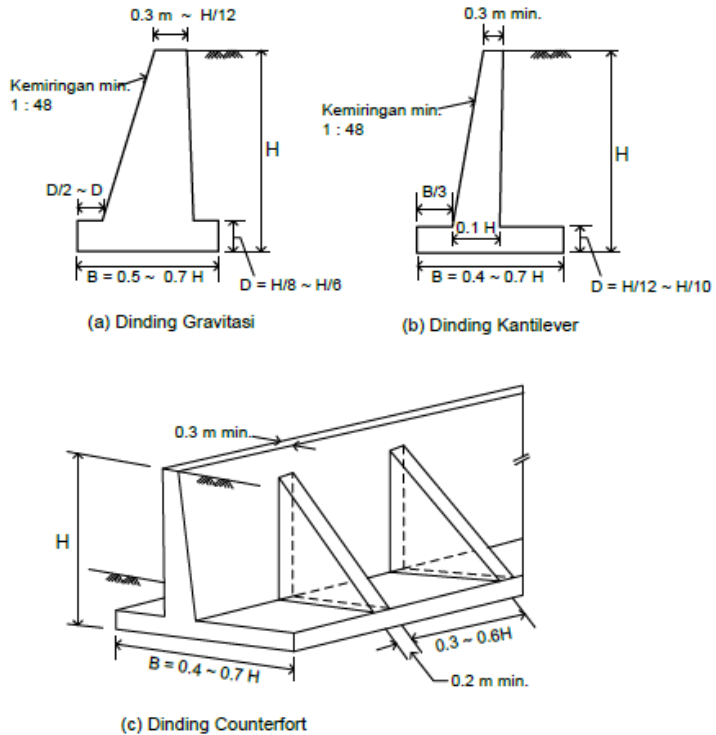
#### **2.14.1 Struktur Penahan Tanah**

Dalam SNI 8460:2017 (Persyaratan perancangan geoteknik) Persyaratan perancangan pada pasal ini berlaku untuk struktur-struktur penahan tanah pada pekerjaan galian maupun timbunan pada material tanah. Struktur penahan tanah dan sistem penunjangnya yang dibahas meliputi dinding penahan, embedded wall, soil nailing, dinding MSE (MSE wall) dan angkur tanah.

#### **2.14.2 Dimensi Tipikal Dinding Penahan Tanah**

Dimensi tipikal dinding penahan tanah merupakan langkah awal perancangan, dimana selanjutnya dilakukan analisis stabilitas dinding penahan tanah, dan dilakukan penyesuaian dimensi dinding dimana perlu, sehingga tercapai dimensi dinding yang optimal.

Sesuai dengan **SNI 8460:2017 Gambar 2.21** merangkum perkiraan awal dimensi dinding penahan tanah baik untuk tipe gravitasi, tipe kantilever, maupun tipe kantilever dengan pengaku, yang dinyatakan sebagai fungsi dari tinggi tanah  $H$ .



Gambar 2.22 Dimensi tipikal dinding penahan tanah

### 2.14.3 Embedded Wall

*Embedded walls* adalah struktur penahan tanah dimana stabilitasnya sebagian atau seluruhnya diperoleh dari tahanan pasif tanah yang terletak di bawah dasar galian. *Embedded walls* ini bisa berbentuk barisan tiang pancang/tiang bor tunggal, baik yang tidak saling bersinggungan, maupun yang saling bersinggungan, bahkan saling berpotongan. Bentuk lain dari *embedded walls* adalah berupa rangkaian panel/*sheet* yang disusun saling mengunci sehingga membentuk dinding. *Embedded walls* hampir selalu

dibuat vertikal, karena itu adalah salah satu kelebihan sistem struktur penahan tanah ini, yaitu penghematan ruang.

### **Jenis embedded walls**

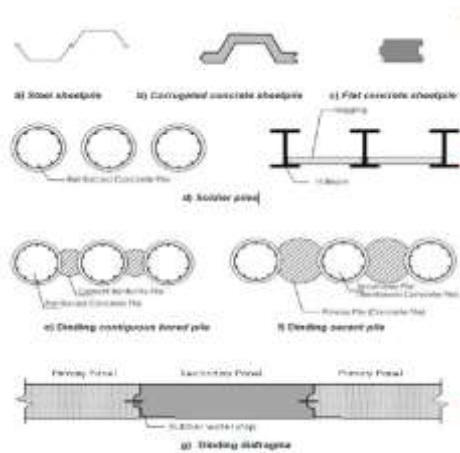
Beberapa tipe *embedded walls* yang dibahas pada subpasal ini adalah sebagai berikut:

1. Dinding *sheetpile* baja,
2. Dinding *sheetpile* beton, *corrugated* dan *flat*,
3. Dinding *soldier pile*,
4. Dinding *contiguous bored pile*,
5. Dinding *secant pile*,
6. Dinding diafragma.

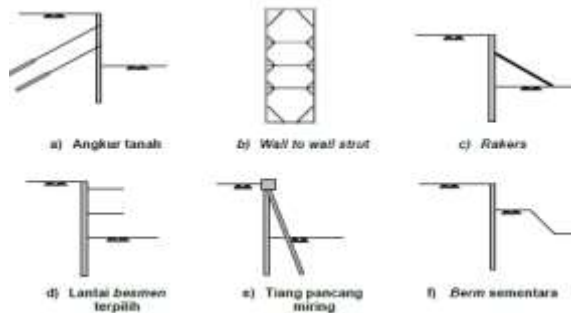
Tergantung kedalaman galian, *embedded walls* ini dapat berbentuk kantilever, atau ditunjang oleh satu atau beberapa baris sistem penunjang. Beberapa alternatif sistem penunjang adalah sebagai berikut:

1. Angkur tanah (*ground anchor*),
2. *Strutting* baja:
3. *Wall to wall strut (horizontal strut)*,
4. *Rakers* (inclined strut),
5. Lantai *besmen* terpilih (*selected*),
6. Tiang pancang miring dimana tiang menahan gaya aksial tekan (aplikasi terbatas),
7. *Berm* sementara.

Berbagai tipe *embedded walls* diperlihatkan pada Gambar 2.23, sedangkan sistem penunjangnya diperlihatkan pada Gambar 2.24. Pada kasus galian, *embedded walls* dibuat sebelum dilakukan penggalian. Pemasangan sistem penunjang dan penggalian tanah dilakukan secara bergantian sampai penggalian mencapai rencana kedalaman galian.



Gambar 2. 21 Berbagai Tipe Embedded walls



Gambar 2. 24 Berbagai Tipe Sistem Penunjang

## 2.15 Pemilihan Bentuk dan Jenis Pondasi

Terdapat berbagai macam bentuk pondasi yang dapat digunakan. Dalam menentukan jenis pondasi, hal-hal berikut harus dipertimbangkan :

1. Keadaan Tanah pondasi
2. Batasan akibat konstruksi di atasnya (upper structure)
3. Batasan-batasan dari sekelilingnya (lokasi proyek)
4. Waktu dan biaya pekerjaan.



Berikut ini akan diuraikan jenis-jenis pondasi yang sesuai dengan keadaan tanah pondasi yang bersangkutan.

1. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak
2. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter di bawah permukaan tanah maka yang digunakan adalah pondasi tiang atau pondasi tiang apung (sumuran). Jika menggunakan tiang maka tiang baja atau tiang beton akan kurang ekonomis, karena tiang-tiang tersebut kurang panjang.
3. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 20-40 meter dibawah permukaan tanah maka yang digunakan adalah pondasi tiang, baik baja maupun beton.

Struktur pondasi direncanakan dengan menggunakan pondasi dalam, yaitu tiang pancang. Perhitungan kekuatan pondasi berdasarkan data tanah yang didapat dari tes sondir.

Nilai Konus diambil 4 D keatas & 4 D kebawah

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{A \text{ tiang} \times Cn}{Sf_1} + \frac{JHP \times Q}{Sf_2} \quad (2-21)$$

$$Sf_1 = (2 - 3)$$

$$Sf_2 = (5 - 8)$$

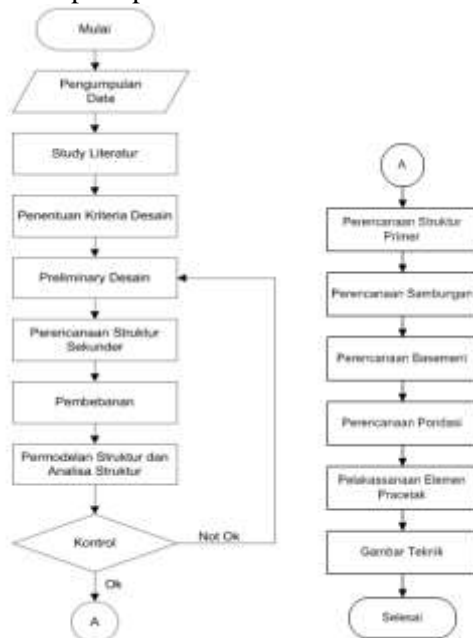
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Umum

Perencanaan Gedung Apartemen Caspian Tower ini menggunakan metode beton pracetak. Untuk itu diperlukan perencanaan langkah langkah dari tahap awal sampai dengan tahap finishing gedung. Urutan – urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur sampai penyajian analisa struktur serta gambar teknik sebagai hasil output perencanaan.

### 3.2 Bagan Alir Perencanaan

Tahapan atau metode yang akan digunakan dalam perencanaan Gedung Apartemen Tower Caspian dengan metode pracetak adalah seperti pada Gambar 3.1 :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.3 Pengumpulan Data

- 1) Data Umum
  - Nama gedung : Caspian Tower
  - Lokasi : Jl Abdul Wahab Siamin kav.9  
Surabaya
  - Fungsi : Apartemen
  - Jumlah lantai : 48 lantai
  - Basement : 3 basement
  - Tinggi bangunan : 177,35 m
  - Total luas area : 68.650 m<sup>2</sup>
  - Struktur utama : Betom bertulang biasa
- 2) Data Gambar
  - Gambar Sruktur (Terlampir)
  - Gambar arsitektur (Terlampir)

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

- 1) Data Umum Bangunan
  - Nama gedung : Caspian Tower
  - Lokasi : Jl Abdul wahab Siamin kav.9  
Surabaya
  - Jumlah lantai : 40 lantai
  - Basement : 3 basement
  - Tinggi bangunan : 156 m
  - Total luas area : 42.215,25 m<sup>2</sup>
  - Struktur utama : Beton pracetak (non prategang)
- 2) Data Bahan :
  - Kekuatan tekan beton ( $f'c$ ) = 35 Mpa  
40 Mpa
  - Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) = 420 Mpa
  - Data Tanah : terlampir
- 3) Data Gambar
  - Gambar Sruktur (Terlampir)
  - Gambar arsitektur (Terlampir)

### 3.4 Study literatur

Beberapa literatur serta peraturan pada perencanaan gedung ini antara lain :

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung ( SNI 2847:2013)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung ( SNI 1726:2012 )
- Badan Standarisasi Nasional. 2013 . Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013)
- PCI Handbook Edition. Precast and Prestress Concrete
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung ( PPIUG 1983)
- Kim S. Elliot. 2002. Precast Concrete Structure

### 3.5 Penentuan Kriteria Desain

Metode precast dipilih karena konfigurasi struktur gedung adalah beraturan dan tipikal pada setiap lantainya. Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur digunakan Sistem Ganda Dengan Rangka Pemikul Momen Khusus yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25% Gaya Gempa yang Ditetapkan.

- Rangka Momen Khusus yang Dibangun Dengan Menggunakan Sistem Pracetak ( SNI 2847:2013 pasal 21.5 - 21.8 )
- Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9)

### 3.6 Preliminary Design

#### 3.6.1 Pengaturan Denah

Dalam pengaturan denah yang perlu mendapat perhatian adalah kegunaan fungsi bangunan dan peruntukan tata ruang.

#### 3.6.2 Penentuan dimensi elemen struktur

##### 3.6.2.1 Dimensi pelat dan balok anak

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

Pelat dua arah sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi syarat SNI 2847:2013, persamaan 9-13

### 3.6.2.2 Dimensi Balok Induk

Tabel minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 2847:13 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.

$$h_{min} = \frac{L}{16} \quad \text{digunakan apabila } f_y = 420 \text{ Mpa} \quad (3-1)$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad \text{digunakan untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa} \quad (3-2)$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003w_c) \quad \text{digunakan untuk nilai } w_c \text{ 1440 sampai } 1840 \text{ kg/m}^3 \quad (3-3)$$

### 3.6.2.3 Dimensi Kolom

Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi  $\phi = 0,65$ . Dimana perhitungan luas penampang kolom berdasarkan beban aksial yang diterima kolom dibagi dengan mutu beton yang terkena factor reduksi.

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'} \quad (3-4)$$

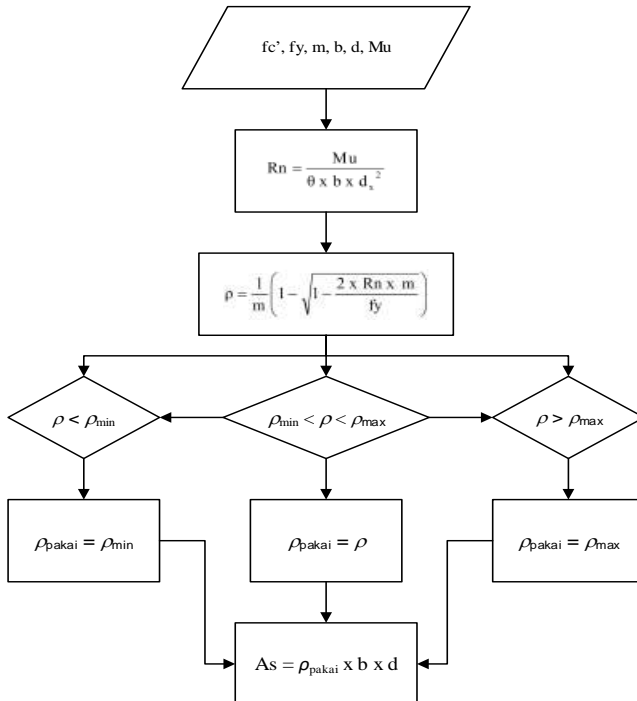
(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2)

### 3.7 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder dilakukan terlebih dahulu karena struktur sekunder berfungsi meneruskan beban ke struktur utama.

#### 3.7.1 Perencanaan Tulangan Pelat

Perhitungan penulangan lentur pelat dihitung sesuai dengan bagan alir pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur (SNI 2847:13 Pasal 11.4)

#### 3.7.2 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga didesain dengan mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi – rol. Syarat perencanaan tangga harus memenuhi syarat berikut ini :

- $64 \leq 2.t + i \leq 65$
- Syarat kemiringan tangga :  $20 \leq \alpha \leq 40$

Dimana :

$i$  = Lebar injakan

$t$  = Tinggi tanjakan

$\alpha$  = Kemiringan tangga

### 3.7.3 Perencanaan Balok Anak

Beban pelat yang diteruskan ke balok anak dihitung sebagai beban trapesium, segitiga dan dua segitiga. Beban ekuivalen ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi di balok anak untuk menentukan tulangan lentur dan geser (perhitungan tulangan longitudinal sama dengan pelat).

### 3.7.4 Perencanaan Lift

Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift. Ruang landasan diberi kelonggaran (lift pit) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perencanaan ini mencakup perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

### 3.8 Pembebanan

Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726:2012 dan ketentuan SNI 2847:13.

#### 1) Beban Statis

- Beban Mati berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983 )
- Beban Hidup berdasarkan hidup SNI 1727:2013 Tabel 4.1.

## 2) Beban Gempa

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi

:

- Penentuan respon spektrum, penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI-03-1726-2012
- Respon seismik ( $C_s$ )

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

(3-6)

(SNI 1726:2012,

persamaan 7.8-2)

Dimana :

$S_{DS}$  = percepatan spektrum respons disain dalam rentang periode pendek

$R$  = faktor modifikasi respons (SNI 1726:2012 tabel 7.2-1)

$I_e$  = faktor ketahanan hunian yang ditentukan sesuai dengan Tabel 6.4

nilai  $C_s$  max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

(3-7)

- Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_s \times W$$

(3-8)

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



(3-9)

dimana :

$C_s$  = koefisien respons seismik SNI 1726:2012,  
Pasal 7.8.1.1

$W$  = berat seismik efektif menurut SNI  
1726:2012, Pasal 7.7.2

- Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:13 pasal 9.2.1
  - 6)  $U = 1,4 D$
  - 7)  $U = 1,2 D + 1,6 L$
  - 8)  $U = 1,2 D + 1,6 L \pm 1,0 E$
  - 9)  $U = 1,0 D + 1,0 L$
  - 10)  $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

### 3.9 Permodelan Struktur dan Analisa Struktur

Setelah preliminary dan pembebanan struktur selesai langkah selanjutnya adalah permodelan struktur dan analisa struktur

#### 3.9.1 Permodelan Struktur

Saat pemasangan dan akhir konstruksi (setelah diberi topping) balok dimodelkan sebagai balok sederhana di atas dua tumpuan. Pelat dimodelkan sebagai beban yang dipikul oleh elemen balok. Pada saat pemasangan distribusi beban adalah setengah dari kiri dan setengah dari kanan. Sedangkan pada akhir konstruksi distribusinya berupa beban segitiga ataupun trapesium.

#### 3.9.2 Analisa Struktur

Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program ETAB. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain :

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

### 3.10 Perencanaan Struktur Primer

Perhitungan perencanaan struktur utama dilakukan setelah perhitungan untuk elemen sekunder beserta gaya-gaya dalam yang

diperoleh dari hasil analisa struktur, selanjutnya pendetailan elemen-elemen struktur utama. Perencanaan struktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

### 3.10.1 Perencanaan Tulangan Balok

Balok merupakan komponen struktur yang terkena beban lentur. Tata cara perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok dapat dilihat pada diagram alir perhitungan komponen lentur dan harus memenuhi ketentuan SRPMK yang tercantum dalam SNI 2847:2013 Pasal 21.8

#### Perhitungan Tulangan Geser Balok

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

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

$$V_n = V_c + V_s$$

(3-13)

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

$$V_c = 0,17\alpha\sqrt{f'c}b_wd$$

(3-14)

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

$\Phi =$  reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

(3-15)

(SNI 2847:2013, Pasal 9.3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$$\phi V_n \geq V_u$$

(3-16)

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.1)

#### Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (3-17)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi :

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3-18)$$

(SNI 2847:2013, Pasal

11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta \quad (3-19)$$

(SNI 2847:13, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

Dimana :

$T_u$  = Momen torsi terfaktor

$T_n$  = Kuat momen tosi

$T_c$  = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

$T_s$  = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

$A_0$  = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm<sup>2</sup>

### 3.10.2 Perencanaan Tulangan Kolom

Perhitungan tulangan kolom didapat dari beban bena yang bekerja pada struktur dan dari hasil output berupa nilai gaya gaya pada analisa software ETABS, yang kemudian akan diinputkan ke dalam software PCACOL untuk mencari tulangan lenturnya. Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 2847:13 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 2847:13 Pasal 23.5.1

Dalam perencanaan kolom perlu diperhatikan bahwa: sesuai filosofi desain kapasitas, dalam SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa,

$$\sum Mn_c \geq (1,2) \times \sum Mn_b$$

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

### 3.10.3 Perencanaan Tulangan Dinding Geser

#### 1. Rasio Tulangan

Rasio tulangan badan (*web*) terdistribusi  $\rho_l$  dan  $\rho_t$ , untuk dinding struktur tidak boleh kurang dari 0,0025, kecuali bahwa jika  $V_u$  tidak melebihi  $0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f'c}$

(SNI 2847:2013 pasal 21.9.4)

#### 2. Rencana Geser

$V_n$  dinding struktur tidak boleh melebihi

$$V_n = A_{cv} \left( \alpha_c \lambda \sqrt{f'c} + \rho_t f_y \right)$$

(3-20)

(SNI 2847:2013 pasal 21.9.4)

dimana koefisien  $\alpha_c$  adalah 0,25 untuk  $h_w / l_w \leq 1,5$ , adalah 0,17 untuk  $h_w / l_w \geq 2$ , dan bervariasi secara linier antara 0,25 dan 0,17 untuk  $h_w / l_w$  antara 1,5 dan 2,0.

#### 3. Desain untuk beban lentur dan aksial

Dihitung Menurut SNI 2847:2013, pasal 21.9.5

### 3.11 Perencanaan Sambungan

Dalam perencanaan sambungan beton pracetak terdapat dua jenis sambungan yaitu sambungan basah dan sambungan kering, yang mana kedua sambungan ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing. Dalam perencanaan Tower Caspian ini akan digunakan sambungan basah dengan mechanic sleeve.

Menurut ACI 318-M14 pasal 18.9.2.1 sambungan daktil pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut:

$$V_n \geq 2V_e$$

Dimana,

$V_n$  = Kekuatan Geser Nominal

$V_e$  = Kekuatan Geser actual

Sedangkan menurut ACI 318-M14 pasal 18.9.2.2 *Strong connection* pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\phi S_n \geq 1.4 S_e$$

dimana,

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

$S_e$  = momen, geser, atau gaya aksial pada sambungan yang terkait dengan pembentukan kuat mungkin dilokasi leleh yang diharapkan.

Untuk sambungan kolom-kolom, harus memenuhi syarat berikut,

$$\phi M_n \geq 0.4 M_{pr}$$

dimana,

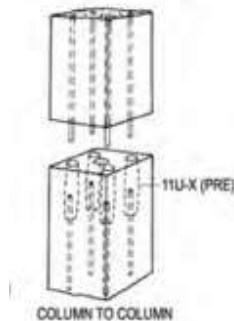
$M_n$  = kekuatan lentur nominal pada penampang

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

#### 3.11.1 Sambungan Base Plate - Kolom / Kolom – Kolom

Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan pile cap maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran pile cap. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar

kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk coupler sleeve dari NMB Splice Sleeve dan SS Mortar Sgrouting injection. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (wet connection). Berikut adalah ilustrasi mengenai proses penyambungan antar kolom dengan menggunakan coupler sleeve dan inject grouting yang dapat dilihat pada gambar berikut.

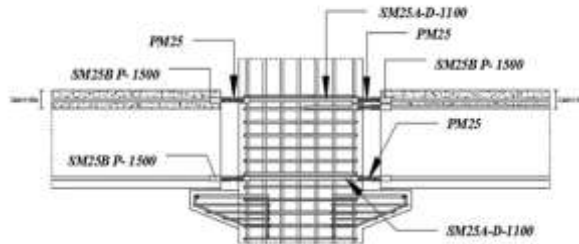


Gambar 3. 3 Pemasangan Sambungan Kolom

### 3.11.2 Sambungan Pada Balok - Kolom

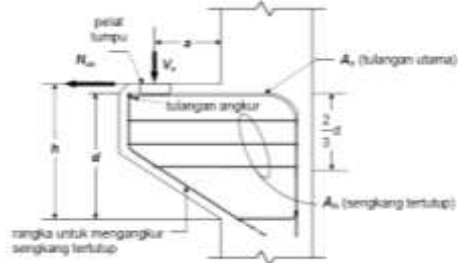
Sambungan balok – kolom yang tahan terhadap gempa (seismic resistant) dapat menggunakan sambungan basah pada balok dan kolom pracetak dapat menggantikan sambungan monolit biasa (Nimse, Joshi and Patel, 2014) seperti pada gambar 3.9. Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan single sided connection dan double sided connection. Dalam perencanaan

sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari Peikko group yaitu dengan menggunakan Modix Rebar Couplers.



Gambar 3. 4 Detail Penulangan Balok-Kolom

Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:13 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.

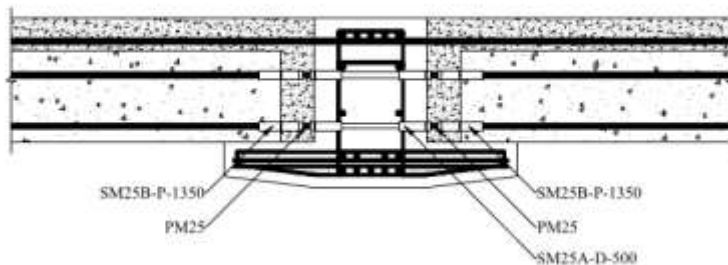


Gambar 3. 5 Parameter geometri konsol pendek

### 3.12.1. Sambungan Pada Balok Induk – Balok Anak

Balok anak diletakkan 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. Demikian dengan sambungan pada balok induk ke tangga Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus

atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:13 pasal 13.7.3. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom. Lihat Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Sambungan balok induk dengan balok anak

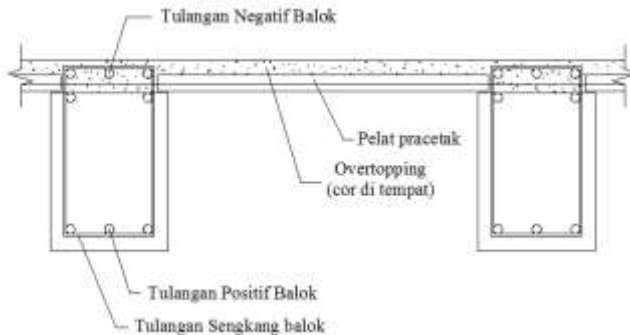
### 3.12.2. Sambungan Pada Balok – Pelat

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

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan.



- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara pelat pracetak dengan balok pracetak.



Gambar 3. 7. Sambungan Balok Induk dengan Pelat

### 3.12 Perencanaan Basement

Dalam perencanaan basement terdapat dua metode pelaksanaan, yaitu metode *bottom-up* dan metode *top-down*. Metode pelaksanaan yang sering digunakan proyek di lapangan yaitu metode *bottom-up* yang dimulai dari pembuatan pondasi atau penggalian tanah (dengan kedalaman yang direncanakan) untuk kebutuhan pembuatan lantai basement gedung bertingkat. Tahapan dilanjutkan dengan pekerjaan pondasi, seperti pemancangan pondasi tiang (bisa memakai tiang pancang atau *bored pile*) yang diteruskan dengan pembuatan kolom, balok, dan pelat yang menerus sampai atap.

Seiring dengan perkembangan teknologi dibidang konstruksi metode kedua yang bisa dilaksanakan dalam perencanaan basement yaitu dengan metode *top-down*. Metode *top-down* tidak dimulai dari lantai *basement* paling bawah (dasar galian). Tepatnya, titik awal pekerjaan dimulai dari pelat lantai satu (*ground level* atau muka tanah). Pelaksanaan struktur bawah dilakukan dari *basement* yang teratas dan dilanjutkan lapis demi lapis sampai kedalaman *basement* yang diinginkan yang bersamaan dengan pekerjaan galian *basement*. Pekerjaan struktur

bawah ini bisa simultan dengan pekerjaan struktur atas. Hal ini menyebabkan waktu pelaksanaan menjadi lebih singkat.

Dalam pemilihan metode pelaksanaan basement tergantung dari kondisi tanah yang akan di bangun. Karena dalam pembuatan basement perlu memperhatikan beberapa hal berkaitan dengan *uplift pressure* dan *dewatering*. Oleh karena itu untuk pemilihan alternatif metode pelaksanaan basement pada Tower Caspian diperlukan analisa geoteknik yang lebih lanjut.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis merencanakan basement dengan metode Bottom Up, dimana pekerjaan galian menggunakan dua metode : galian dengan perkuatan Dinding penahan tanah jenis soldier Pile yang diberi perkuatan dengan Ground Anchor dan Open cut dengan Sistem terasering. Dimana Dinding Penahan Tanah soldier pile akan digunakan sebagai dinding permanen basement.

### 3.13 Perencanaan Pondasi

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

- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Struktur pondasi direncanakan dengan menggunakan pondasi dalam, yaitu tiang pancang. Perhitungan kekuatan pondasi berdasarkan data tanah yang didapat dari tes sondir.

Nilai Konus diambil 4 D keatas & 4 D kebawah

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

(3-22)

$$Sf_1 = (2 - 3)$$

$$Sf_2 = (5 - 8)$$

➤ **Jumlah tiang pancang yang diperlukan ( n )**

$$n = \frac{\Sigma Pu}{P_{ijin}} \quad (3-23)$$

$$S \geq \frac{1,57(D)\text{min} - 2D}{m + n - 2} \quad (3-24)$$

$$\text{Efisiensi tiang } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \quad (3-25)$$

$$\text{Dimana, } \theta = \text{arc tg} \left( \frac{D}{S} \right) \quad (3-26)$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{My \times X \text{ max}}{\Sigma x^2} + \frac{Mx \times Y \text{ max}}{\Sigma y^2} \quad (3-27)$$

$$P_{ult} = \text{Efisiensi tiang} \times P_u \text{ 1 tiang} \text{ berdiri} \quad (3-28)$$

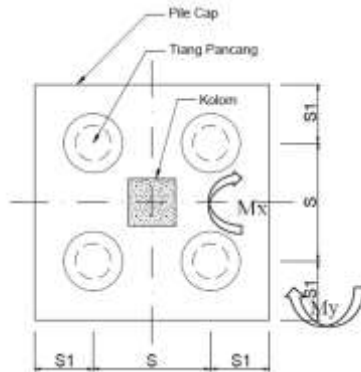
➤ **Kontrol Kekuatan Tiang**

Dalam perhitungan kontrol kekuatan tiang perlu dicari nilai P maks dari efisiensi tiang dalam grup seperti ilustrasi pada Gambar 3.8.

Dimana nilai  $p$  maks yang didapat akan dibandingkan dengan  $P$  ultimate dari brosure spesifikasi tiang pancang.

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

$$P_{perlu} = P_{maks}$$



Gambar 3. 8 Gambar Ilustrasi Tiang Pancang

#### ➤ Kontrol Geser Pada Poer

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

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

(3-29)

SNI

2847:2013 pasal 11.11.12.1(a)

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

(3-30)

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(b)

$$\bullet \quad V_c = 0,33\lambda\sqrt{f_c'b_o}d$$

(3-31)

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

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

 $\phi V_c > P_u$  "OK" (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)

### 3.14 Pelaksanaan Elemen Pracetak

Dalam pelaksanaan metode Pracetak diperlukan pemilihan metode dan tahapan tahapan pelaksanaan yang tepat mulai dari metode pabrikasi, pemilihan mode transportasi, metode erection sistem koneksi dan bahkan beberapa hal yang perlu menjadi perhatian saat pelaksanaan di lapangan. Khususnya dalam pengangkatan dan pelaksanaan sambungan elemen pracetak diperlukan perhitungan dan metode pelaksanaan yang memadahi.

### 3.15 Gambar Teknik

Hasil dari analisa struktur diatas divisualisasikan dalam gambar teknik dengan bantuan program Auto-Cad 2015.

## **BAB IV PEMBAHASAN**

### **4.1 Preliminary Desain**

#### **4.1.1 Umum**

Preliminary Desain merupakan suatu tahapan awal dalam menentukan dimensi awal suatu perencanaan. Diharapkan dengan adanya preliminary desain, penulis bisa menghasilkan desain yang efisien sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dalam perencanaan suatu gedung preliminary desain dilakukan untuk menentukan dimensi baik struktur primer maupun struktur sekunder.

#### **4.1.2. Data Perencanaan**

Perencanaan Gedung Caspian Tower menggunakan beton bertulang dengan sistem Pracetak. Berikut data-data perencanaan struktur:

- Nama gedung : Caspian Tower
- Lokasi : Jl Abdul Wahab Siamin kav.9  
Surabaya
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 40 lantai
- Basement : 3 basement
- Ketinggian Lantai : Basement 2-LG : 4 m  
Lantai 1 – 5 : 5 m  
Lantai 6 – 48 : 3,4 m
- Mutu Beton ( $f'c$ ) : 35 MPa (Balok)  
40 Mpa (Kolom dan Shearwall)
- Mutu Baja ( $fy$ ) : 420 Mpa
- Data Tanah : (Lampiran)

#### **4.1.3 Pembebanan**

- Beban Gravitasi
- Beban Mati
  - Beton bertulang : 2400 kg/m<sup>2</sup>
  - Dinding pasangan bata ringan

- Hebel 60 x 20 x 10 : 65 kg/m<sup>2</sup>
- Plafon + penggantung : 18 kg/m<sup>2</sup>
- Tegel : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi per cm tebal : 21 kg/m<sup>2</sup>
- Aspal : 14 kg/m<sup>2</sup>
- Ducting + Plumbing : 30 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup (Sesuai dengan SNI 1727:2013)
  - Lantai Atap : 96 Kg/m<sup>2</sup>
  - Lantai Hotel : 192 Kg/m<sup>2</sup>
  - Lantai Basement : 192 Kg/m<sup>2</sup>
  - Beban Hidup Partisi : 72 Kg/m<sup>2</sup>
    - Beban Angin
  - Jauh dari pantai : 25 kg/m<sup>2</sup>
    - Beban Gempa
- Beban gempa direncanakan menggunakan SNI 1726:2018

#### 4.1.4 Perencanaan Struktur

Modifikasi pada tugas akhir ini menggunakan balok yang penampangnya berbentuk persegi (*rectangular beam*). Perencanaan balok dilakukan dalam dua tahap dimana tahap pertama balok pracetak dibuat dengan sistem fabrikasi yang kemudian pada tahap kedua dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Pada tahap kedua balok dipasang dengan pengangkatan ke site lalu dilakukan *over-topping (cor in site)* setelah pemasangan pelat pracetak. Dengan system tersebut maka akan membentuk suatu struktur yang monolit.

##### 4.1.4.1 Perencanaan Balok Induk

Penentuan tinggi balok minimum (*h.min*) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung) lihat Tabel 4.1. Untuk denah perencanaan balok lihat pada Gambar 4.1

Tabel 4. 1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

**CATATAN:**  
Panjang bentang dalam mm.  
Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:  
(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
(b) Untuk  $f_r$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_r/700)$ .

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

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

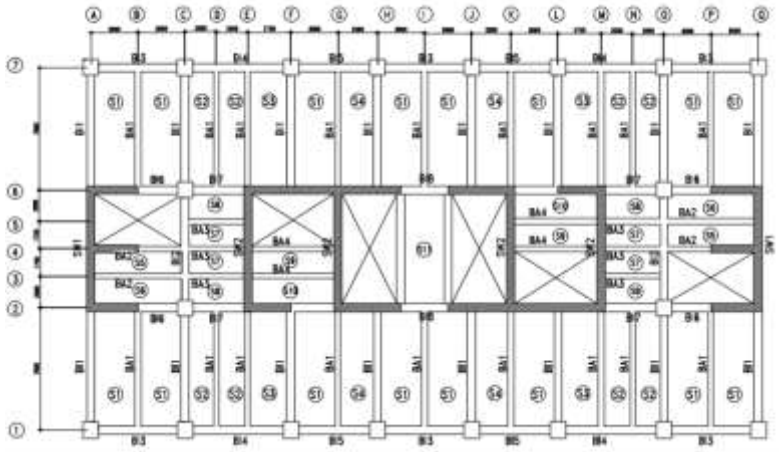
$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

L = Panjang balok (m)

h = Tinggi Balok (m)

b = Lebar Balok (m)



Gambar 4. 1 Denah Pembalokan



Contoh Perhitungan perencanaan balok induk :

- Balok Induk (BI 1),  $L = 7.8 \text{ m}$

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{7.8}{16} = 0,594 \approx 0,7 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,7 = 0,467 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok induk menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.2:

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

BALOK INDUK	Bentang	Perhitungan Dimensi Balok				Dimensi pakai (cm)	
	L (m)	h min(m)	h ambil (m)	b min (m)	b ambil	b pilih	h pilih
BI 1	7.800	0.488	0.7	0.467	0.5	50	70
BI 2	7.500	0.469	0.7	0.467	0.5	50	70
BI 3	6.000	0.375	0.7	0.467	0.5	50	70
BI 4	6.750	0.422	0.7	0.467	0.5	50	70
BI 5	5.500	0.344	0.7	0.467	0.5	50	70
BI 6	3.000	0.188	0.7	0.467	0.5	50	70
BI 7	4.000	0.250	0.7	0.467	0.5	50	70

#### 4.1.4.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak untuk mutu beton 35 Mpa dan mutu baja 420 MPa direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus, sehingga digunakan perumusan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a) yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Dimensi balok anak direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{7.8}{21} = 0,37 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,5 = 0,33 \text{ m} \approx 0,35 \text{ m}$$

Dikarenakan bentang yang terlalu panjang, dan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan bentuk elemen yang tipikal, maka digunakan dimensi balok anak (B1A) 40/55 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok anak menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.3 :

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak

BALOK ANAK	Bentang	Perhitungan Dimensi Balok				Dimensi pakai (cm)	
	L (m)	h min(m)	h ambil (m)	b min (m)	b ambil	b pilih	h pilih
BA 1	7.800	0.371	0.5	0.333	0.35	35	50
BA 2	6.000	0.286	0.5	0.333	0.35	35	50
BA 3	4.000	0.190	0.5	0.333	0.35	35	50
BA 4	5.750	0.274	0.5	0.333	0.35	35	50

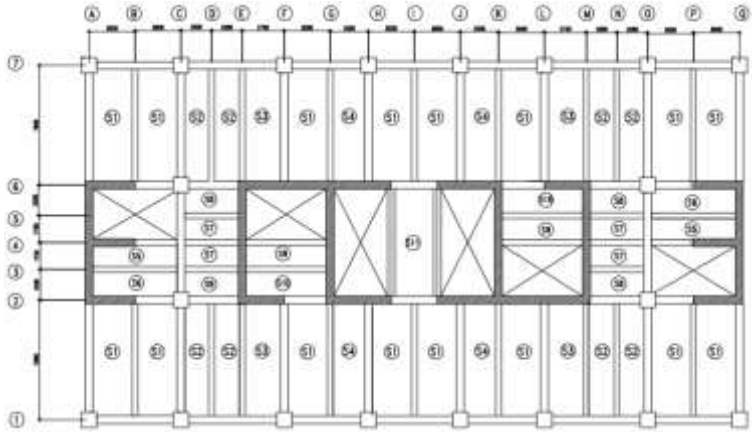
#### 4.1.4.3 Perencanaan Pelat

Dalam perencanaan pelat pada tower Caspian ini. Pelat direncanakan dengan tipe pelat satu arah. Pelat diasumsikan hanya menerima beban gravitasi Tumpuan pada sisi pelat diasumsikan sebagai perletakan jepit elastis.

Bedasarkan SNI 03-2847:2013 Tabel 9.5a, tebal minimum untuk komponen struktur pelat massif satu arah dengan kedua ujung menerus ialah :

$$h_{min} = \frac{l}{28}$$

Dimana : l yang digunakan adalah  $L_x$  = panjang terpendek dari pelat. Variasi jenis pelat bisa dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Variasi Pelat Pada Gedung Caspian Tower

#### 4.1.4.3.1 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan pada bangunan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton : 35 Mpa
- Mutu baja : 420 Mpa
- Rencana tebal pelat lantai dan atap : 14 cm

Contoh perhitungan perencanaan pelat tipe S1 dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Dimensi Pelat : 780 x 300 cm
- Tebal Pelat Rencana : 14 cm

$$L_n = 780 - \left(\frac{50+50}{2}\right) = 730 \text{ cm}$$

$$S_n = 300 - \left(\frac{50+35}{2}\right) = 257.5 \text{ cm}$$

$$\beta = \left(\frac{L_n}{S_n}\right) = \left(\frac{730}{257.5}\right) = 2.83 > 2 \text{ (Pelat 1 Arah)}$$

Berdasarkan dengan SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5a maka didapat nilai  $h$  minimum sebagai berikut:

$$h_{\min} = \frac{257.5}{28} = 9.19 \text{ cm}$$

Maka tebal perencanaan pelat sudah memenuhi syarat tebal minimum. Perhitungan jenis/ tipe pelat lainnya disajikan pada tabel 4.4

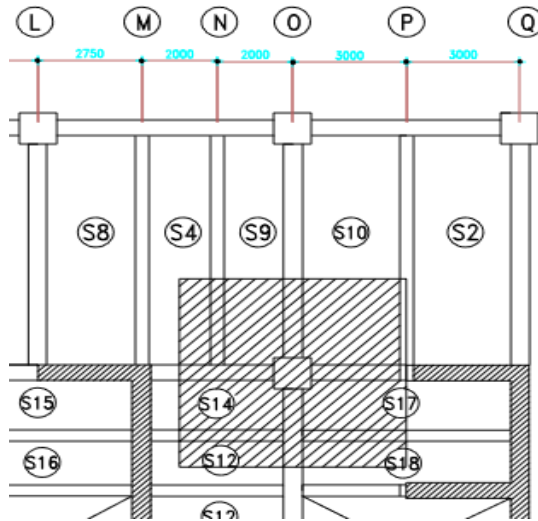
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Tebal Pelat

Jenis Pelat	P (cm)	L (cm)	Ln (cm)	Sn (cm)	$\beta$	Jenis	Tebal Min	Tebal Rencana
S1	780	300	730	257.5	2.83	satu arah	9.19	14
S2	780	200	730	7.3	100.00	satu arah	0.26	14
S3	780	275	730	232.5	3.14	satu arah	8.30	14
S4	780	250	730	207.5	3.52	satu arah	7.41	14
S5	575	175	525	140	3.75	satu arah	5.00	14
S6	575	200	525	157.5	3.33	satu arah	5.62	14
S7	400	175	350	132.5	2.64	satu arah	4.73	14
S8	400	200	350	165	2.12	satu arah	5.89	14
S9	600	175	550	140	3.93	satu arah	5.00	14
S10	600	200	550	165	3.33	satu arah	5.89	14
S11	750	300	700	257.5	2.72	satu arah	9.19	14

#### 4.1.4.4 Perencanaan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Dalam menentukan dimensi kolom dicari beban aksial terbesar yaitu dengan beban pelat dengan bentang terbesar.

Dalam perencanaan kolom Caspian Tower, Perbedaan kolom direncanakan tiap 10 lantai, dan disesuaikan dengan tinggi antar lantai bangunan. Diharapkan dengan demikian memberi keefektifan dalam penggunaan bekisting pracetak.



Gambar 4. 5. Tinjauan Tributi Area Pembebanan Kolom  
Perhitungan pembebanan pada kolom yang ditinjau sebagai desain awal akan dihitung pada tabel 4.5 :

Tabel 4. 5 Perhitungan Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom 1							
Beban Mati Lantai 40- 31							
Elemen	p (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)	
Pelat	7.8	7.8	0.14	2400	10	204422.4	
Balok Induk							
- BI. Memanjang	7.8	0.5	0.7	2400	10	65520	
- BI. Melintang	7.8	0.5	0.7	2400	10	65520	
Balok Anak	7.8	0.35	0.5	2400	10	32760	
Plafond	7.8	7.8	-	11	10	6692.4	
Penggantung	7.8	7.8	-	7	10	4258.8	
Ducting+ Plumbing	7.8	7.8	-	30	10	18252	
Spesi (2 cm)	7.8	7.8	2	21	10	25552.8	
Tegel	7.8	7.8	-	24	10	14601.6	
TOTAL BEBAN MATI (DL)						437580	
Beban Hidup Lantai 40-31							
Beban Lantai	7.8	6.8		192	10	101836.8	
Beban Partisi	7.8	6.8		72	10	38188.8	
Berat Total (LL)						140025.6	
Koefisien Reduksi 20%						0.8	
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						112020.48	
<b>Berat Total</b>	<b>1,2 DL + 1,6 LL</b>					<b>704328.768</b>	
Mutu Beton	40	Mpa	392	$A = \frac{F'}{\phi \times f_c}$	(SNI 2847:13 pasal 9.3.2.2)		
A=	4491.892653	cm					
b = h =	67.02158349	cm					
Digunakan Kolom		0.8	0.8	3.4	2400	10	52224
TOTAL BEBAN						<b>756552.768</b>	
Kolom 2							
Beban Mati Lantai 30-21							
Elemen	p (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)	
Pelat	7.8	6.8	0.14	2400	10	178214.4	
Balok Induk							
- BI. Memanjang	7.8	0.5	0.7	2400	10	65520	
- BI. Melintang	7.8	0.5	0.7	2400	10	65520	
Balok Anak	7.8	0.4	0.5	2400	10	32760	
Plafond	7.8	7.8	-	11	10	6692.4	
Penggantung	7.8	7.8	-	7	10	4258.8	
Ducting+ Plumbing	7.8	7.8	-	30	10	18252	
Spesi (2 cm)	7.8	7.8	2	21	10	25552.8	
Tegel	7.8	7.8	-	24	10	14601.6	
TOTAL BEBAN MATI (DL)						411372	

Beban Hidup 30-21						
Beban Lantai	7.8	6.8		192	10	101836.8
Beban Partisi	7.8	6.8		72	10	38188.8
Berat Total (LL)						140025.6
Koefisien Reduksi 20%						0.8
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						112020.48
<b>Berat Total</b>	<b>1,2 DL + 1,6 LL</b>					672879.168
						1429431.936
Mutu Beton	40	Mpa	392			
A=	9116.275102	cm				
b = h =	95.47918675	cm				
Digunakan Kolom		1	1	3.4	2400	10
TOTAL BEBAN						1511031.936
Kolom 3						
Beban Mati Lantai 20 - 11						
Elemen	p (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat	7.8	6.8	0.14	2400	10	178214.4
Balok Induk						
- BI. Memanjang	7.8	0.5	0.7	2400	10	65520
- BI. Melintang	7.8	0.5	0.7	2400	10	65520
Balok Anak	7.8	0.35	0.5	2400	10	32760
Plafond	7.8	7.8	-	11	10	6692.4
Penggantung	7.8	7.8	-	7	10	4258.8
Ducting+ Plumbing	7.8	7.8	-	30	10	18252
Spesi (2 cm)	7.8	7.8	2	21	10	25552.8
Tegel	7.8	7.8	-	24	10	14601.6
TOTAL BEBAN MATI (DL)						411372
Beban Hidup 20 - 11						
Beban Lantai	7.8	6.8		192	10	101836.8
Beban Partisi	7.8	6.8		72	10	38188.8
Berat Total (LL)						140025.6
Koefisien Reduksi 20%						0.8
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						112020.48
<b>Berat Total</b>	<b>1,2 DL + 1,6 LL</b>					493647.68
						2004679.616
Mutu Beton	40	Mpa	392			
A=	11364.39692			$A = \frac{W'}{\phi \times f_c}$	(SNI 2847-L1 pasal 9.3.2.2)	
b = h =	106.6039254					
Digunakan Kolom		1.1	1.1	3.4	2400	2
TOTAL BEBAN						2024426.816

Kolom 4						
Beban Mati Lantai 10-6						
Elemen	p (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat	7.8	6.8	0.14	2400	5	89107.2
Balok Induk						
- BI. Memanjang	7.8	0.5	0.7	2400	5	32760
- BI. Melintang	7.8	0.5	0.7	2400	5	32760
Balok Anak	7.8	0.35	0.5	2400	5	16380
Plafond	7.8	7.8	-	11	5	3346.2
Penggantung	7.8	7.8	-	7	5	2129.4
Ducting+ Plumbing	7.8	7.8	-	30	5	9126
Spesi (2 cm)	7.8	7.8	2	21	5	12776.4
Tegel	7.8	7.8	-	24	5	7300.8
TOTAL BEBAN MATI (DL)						205686
Beban Hidup 10-6						
Beban Lantai	7.8	6.8		192	5	50918.4
Beban Partisi	7.8	6.8		72	5	19094.4
Berat Total (LL)						70012.8
Koefisien Reduksi 20%						0.8
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						56010.24
<b>Berat Total</b>	<b>1,2 DL + 1,6 LL</b>					246824.48
						2271251.296
Mutu Beton	40	Mpa	392			
A=	12875.57424	cm		$A = \frac{W}{\phi \times \sqrt{f_c}}$	(SNI 2847:13 pasal 9.3.2.2)	
b = h =	113.4705876	cm				
Digunakan Kolom		1.2	1.2	0.078	2400	539.136
TOTAL BEBAN						2271790.432
Kolom 5						
Beban Mati Lantai 5-1						
Elemen	p (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat	7.8	6.8	0.14	2400	5	89107.2
Balok Induk						
- BI. Memanjang	7.8	0.5	0.7	2400	5	32760
- BI. Melintang	7.8	0.5	0.7	2400	5	32760
Balok Anak	7.8	0.35	0.5	2400	5	16380
Plafond	7.8	7.8	-	11	5	3346.2
Penggantung	7.8	7.8	-	7	5	2129.4
Ducting+ Plumbing	7.8	7.8	-	30	5	9126
Spesi (2 cm)	7.8	7.8	2	21	5	12776.4
Tegel	7.8	7.8	-	24	5	7300.8
TOTAL BEBAN MATI (DL)						205686



Beban Hidup 5-1						
Beban Lantai	7.8	6.8		192	5	50918.4
Beban Partisi	7.8	6.8		72	5	19094.4
Berat Total (LL)						70012.8
Koefisien Reduksi 20%						0.8
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						56010.24
<b>Berat Total</b>	<b>1,2 DL + 1,6 LL</b>					336439.584
						2608230.016
Mutu Beton	40	Mpa	392	$A = \frac{W^2}{\phi \times f_c'} \quad (SNI 2847:13 pasal 9.3.2.2)$		
A=	14785.88444					
b = h =	121.5972222					
Digunakan Kolom		1.3	1.3	5	2400	2
TOTAL BEBAN						2648790.016
Kolom 6						
Beban Mati Lantai B3- GF						
Elemen	p (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat	7.8	6.8	0.14	2400	4	71285.76
Balok Induk						
- BI. Memanjang	7.8	0.5	0.7	2400	4	26208
- BI. Melintang	7.8	0.5	0.7	2400	4	26208
Balok Anak	7.8	0.35	0.5	2400	4	13104
Plafond	7.8	7.8	-	11	4	2676.96
Penggantung	7.8	7.8	-	7	4	1703.52
Ducting+ Plumbing	7.8	7.8	-	30	4	7300.8
Spesi (2 cm)	7.8	7.8	2	21	4	10221.12
Tegel	7.8	7.8	-	24	4	5840.64
TOTAL BEBAN MATI (DL)						164548.8
Beban Hidup B3-GF						
Beban Lantai	7.8	6.8		192	5	50918.4
Beban Partisi	7.8	6.8		72	5	19094.4
Berat Total (LL)						70012.8
Koefisien Reduksi 20%						0.8
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						56010.24
<b>Berat Total</b>	<b>1,2 DL + 1,6 LL</b>					287074.944
						2935864.96
Mutu Beton	40	Mpa	392	$A = \frac{W^2}{\phi \times f_c'} \quad (SNI 2847:13 pasal 9.3.2.2)$		
A=	16643.2254					
b = h =	129.0086253					
Digunakan Kolom		1.4	1.4	4	2400	2
TOTAL BEBAN						2973496.96

Dari perhitungan preliminary kolom pada tabel 4.5 didapatkan 6 Jenis kolom. K1 80x80 cm, K2 100 x 100 cm, K3 110 x 110 cm, K4 120 x 120 cm, K5 130 x 130 cm, dan K 6 140 x 140 cm.

#### 4.1.4.5 Perencanaan Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1), ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm. Direncanakan:

Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut:

##### **SHEAR WALL**

SW 1		SW 2	
Bentang	10000 mm	Bentang	7500 mm
Tinggi	4000 mm	Tinggi	4000 mm
Tmin 1 =	160 mm	T min 1 =	160 mm
T min2 =	400 mm	T min 2 =	300 mm
SW pakai	500 mm	SW pakai	500 mm

Jadi sesuai dengan persyaratan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1. digunakan tebal shear wall sebesar 500 mm.

## **4.2 Permodelan dan analisa struktur**

### **4.2.1 Umum**

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

### **4.2.2 Permodelan Struktur**

Permodelan dan Analisa Struktur menggunakan bantuan software Etabs. Dalam permodelan dan analisis struktur gedung dimodelkan dan direncanakan sesuai dengan data perencanaan dan spesifikasi material.



Gambar 4. 2 Permodelan Struktur dengan software ETABS 2013

### 4.2.3 Pembebanan dan Perhitungan Berat Struktur

Data-data perencanaan pembebanan Gedung Caspian Tower yang digunakan adalah sebagai berikut:

Input Material

- Mutu Beton ( $f'c$ ) : 35 MPa (Balok)  
: 40 Mpa (Kolom dan Shearwall)

- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa

Ketinggian lantai

- Basement – GF : 4 meter  
- Lt 1 – 5 : 5 meter  
- Lt 6 – Atap : 3,4 meter

Dimensi Balok

- Balok Induk Memanjang : 50 x 70 cm  
- Balok Induk Melintang : 50 x 70 cm  
- Balok Anak Memanjang : 35 x 50 cm  
- Balok Anak Melintang : 35 x 50 cm

Tebal Pelat : 14 cm

Dimensi Kolom

- Lantai 40-31 : 90 x 90 cm  
- Lantai 30-21 : 100x 100 cm  
- Lantai 20-11 : 110 x 110 cm  
- Lantai 10-6 : 120 x 120 cm  
- Lantai 5-1 : 130 x 130 cm  
- Lantai GF-B3 : 140 x 140 cm

Input beban hidup

Lantai Apartemen : 192 Kg/m<sup>2</sup>

Beban Partisi : 72 Kg/m<sup>2</sup>

Lantai Atap : 96 Kg/m<sup>2</sup>

Beban Hujan : 30 Kg/m<sup>2</sup>

Input beban mati tambahan (superdead)

Plafon + penggantung : 18 kg/m<sup>2</sup>

Tegel	: 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	: 21 kg/m <sup>2</sup>
Aspal	: 14 kg/m <sup>2</sup>
Ducting + Plumbing	: 30 kg/m <sup>2</sup>

#### 4.2.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

##### 4.2.4.1 Faktor Keutamaan gempa

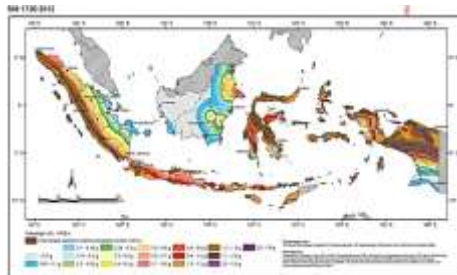
Faktor keutamaan gempa seperti yang telah di bahas pada Subbab xxx ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung. Kategori resiko untuk gedung apartemen masuk dalam kategori resiko II dengan fator keutamaan gempa (*I*) **1,0**.

##### 4.2.4.2 Kelas Situs

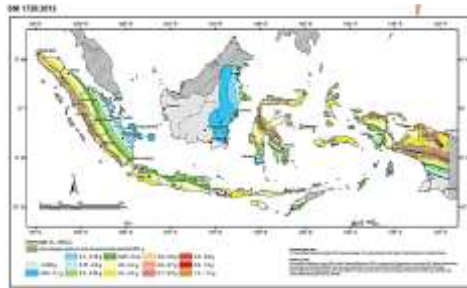
Penentuan Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung Caspian Tower didapatkan nilai *N* (tes *N*<sub>spt</sub>) sampai kedalamanantara 15-50 jadi dapat dikatakan tanah termasuk dalam kelas situs **D** (Tanah Sedang).

##### 4.2.4.3 Parameter Respon Spectral

(a)



(b)



Gambar 5. 1Peta untuk menentukan (a) perioda pendek 0.2 detik ( $S_s$ ) (b) perioda 1 detik ( $S_1$ )

$S_s$ , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian ( $MCE_R$ ). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs SD. Dari gambar 5.2 a untuk daerah Surabaya didapatkan nilai  $S_s = 0.663$  g.

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian ( $MCE_R$ ) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SD. Dari gambar 5.2 b untuk wilayah Surabaya  $S_1 = 0,247$  g.

#### 4.2.4.4 Parameter Percepatan Spectral Desain

parameter percepatan spektra disain untuk periode pendek 0,2 detik ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) adalah sebagai berikut

$$S_{MS} = F_a S_s = 1,27 \times 0,663 = 0,842$$

$$S_{M1} = F_v S_1 = 1.906 \times 0,247 = 0,471$$

sehingga

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,842 = 0,56$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,471 = 0,314$$

Untuk perioda pendek 0.2 detik ( $S_s$ ) sebesar 0,663g dan parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik ( $S_1$ ) sebesar 0,247g dengan kelas situs SD

didapatkan daerah Surabaya memiliki  $S_{DS}$  sebesar **0,56** dan  $S_{DI}$  sebesar **0,314**

#### 4.2.4.5 Kategori Desain Seismik

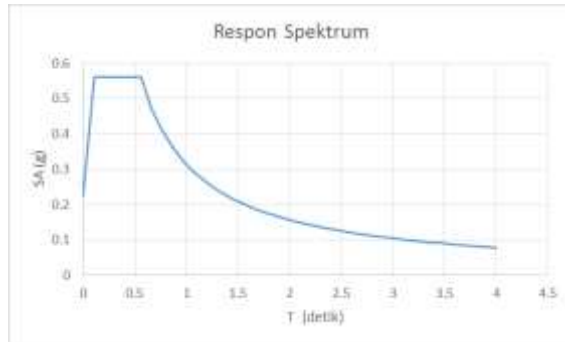
Seperti yang telah di bahas pada subab 2.3.6, kategori desain seismik dibagi berdasarkan tabel 2.6 dan tabel 2.7 untuk  $S_{DS}$  sebesar 0,56 dan  $S_{DI}$  sebesar 0,313 dan kategori resiko II kategori desain seismik tergolong kategori D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Ganda yaitu Dinding Geser Beton Bertulang Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

#### 4.2.4.6 Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain

Untuk periode fundamental dan Respon Spektrum Desain didapat data dari website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 6 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra

Respon Spektrum		2.159293	0.145
T (detik)	SA (g)	2.259293	0.139
0	0.224	2.359293	0.133
0.1118586	0.561	2.459293	0.128
0.559293	0.561	2.559293	0.123
0.659293	0.476	2.659293	0.118
0.759293	0.413	2.759293	0.114
0.859293	0.365	2.859293	0.11
0.959293	0.327	2.959293	0.106
1.059293	0.296	3.059293	0.103
1.159293	0.271	3.159293	0.099
1.259293	0.249	3.259293	0.096
1.359293	0.231	3.359293	0.093
1.459293	0.215	3.459293	0.091
1.559293	0.201	3.559293	0.088
1.659293	0.189	3.659293	0.086
1.759293	0.178	3.759293	0.084
1.859293	0.169	3.859293	0.081
1.959293	0.16	3.959293	0.079
2.059293	0.152	4	0.078



Gambar 4. 3. Grafik Respon Spektrum Desain

#### 4.2.4.7 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

$$T = T_a \times C_u$$

$T_a$  = periode fundamental pendekatan

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol waktu getar alami fundamental adalah:

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

Nilai  $C_t$  dan  $x$  didapatkan dari tabel 15 SNI 1726:2012.

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>0,8</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>0,9</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>0,75</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>0,75</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>0,75</sup>	0,75

Gambar 4. 4. Nilai  $C_t$  dan  $x$

Sehingga didapatkan nilai  $C_t$  dan  $x$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 156^{0,9} \\ &= 4.38 \text{ s} \end{aligned}$$

Perioda fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung ( $C_u$ ) dari tabel 4.2 SNI 1726:2012. ( $T < T_a < C_u.T_a$ )



Dari nilai  $SD1 = 0,313$  , didapatkan koefisien  $Cu = 1,4$ .  
Maka nilai  $Cu.Ta$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Cu.Ta &= 1,4 \times 4.38 \\ &= 6.14 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai T yang didapat dari program bantu ETABS bisa dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4. 7 Periode Fundamental

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	5.399	0.185	1.1638	1.3545
Modal	2	3.826	0.261	1.6424	2.6974
Modal	3	3.75	0.267	1.6753	2.8066
Modal	4	1.326	0.754	4.7376	22.4448
Modal	5	1.105	0.905	5.6844	32.3123
Modal	6	1.078	0.928	5.8285	33.971
Modal	7	0.554	1.806	11.3471	128.7571
Modal	8	0.543	1.842	11.5724	133.9201
Modal	9	0.496	2.017	12.6758	160.6759
Modal	10	0.335	2.983	18.745	351.3738
Modal	11	0.307	3.256	20.4604	418.6266
Modal	12	0.286	3.495	21.9592	482.2066
Modal	13	0.233	4.294	26.9828	728.0725
Modal	14	0.2	4.999	31.4076	986.4347
Modal	15	0.19	5.263	33.0692	1093.5688
Modal	16	0.175	5.704	35.84	1284.5057
Modal	17	0.145	6.899	43.3463	1878.9021
Modal	18	0.139	7.189	45.1726	2040.5676
Modal	19	0.138	7.259	45.6082	2080.1097
Modal	20	0.112	8.946	56.2063	3159.1509

T terbesar yang didapat dari analisa ETABS = 5.399 s, sehingga didapatkan :

$$T_a < T < C_u.T_a$$

$$4.38 < 5.399 < 6.67$$

$$\text{Ambil } T = 5.399$$

Dapat disimpulkan bahwa perioda fundamental struktur dapat dipakai.

#### 4.2.4.8 Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1. Nilai  $R$  yang dipakai yaitu  $R$  untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 7. (SNI 1726:2012 Tabel 9)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dimana:

$$S_{DS} = 0,5612$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$C_s = \frac{0,5612}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0802$$

Dan nilai  $C_s$  tidak lebih dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dimana:

$$S_{D1} = 0,314$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$T = 5.399$$

$$C_s = \frac{0,314}{5.399 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0.0083$$

Dan nilai  $C_s$  tidak kurang dari:

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

$$C_s = 0,044 \cdot 0,562 \cdot 1 = 0,0247 \geq 0,01$$

Maka nilai  $C_s$  **diambil 0,0247**

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk gedung hotel Caspian Tower 0,5 (SNI 1726:2012), sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan ( $W$ ) sebagai berikut (lihat Tabel 4.8):

Tabel 4. 8 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS

TABLE: Base Reactions									
Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	X	Y	Z
1D+0.5L	0	0	616697.9922	7122862	-13104832	0.0017	0	0	0

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

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana:

$$C_s = 0,0247$$

$$W = \text{kN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$= 0,0247 \times 616697.9922 \text{ kN} = 15249.70795 \text{ kN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85 \cdot V/V_t$  (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut (lihat Tabel 4.9):

Tabel 4. 9 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS  $V_x$  &  $V_y$

TABLE: Base Reactions						
Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Gempa X	14774.1306	0.0001	0	-0.0066	-1727711	183608.0833
Gempa Y	0.0000466	14774.1202	0.000001479	1727710	-0.0053	-337807
Gempa RS X Max	<b>6560.8087</b>	1763.170	0	113581.2334	556071.1304	87345.0647
Gempa RS Y Max	2026.7534	<b>5651.9614</b>	0	376005.6045	167327.3439	120241.4254
1D + 0.5L	0	0	616697.9922	7122862	-13104832	0.0017

$$V = 15249.70795 \text{ kN}$$

$$V_x = 6560.8087 \text{ kN}$$

$$V_y = 5651.9614 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$6560.8087 < 0,85 \times 15249.70795 \text{ kN}$$

$$6560.8087 \text{ kN} < 12962.25 \text{ kN (NOT OK!)}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85 \cdot V$$

$$5651.9614 \text{ kN} < 0,85 \times 15249.70795 \text{ kN}$$

$$5651.9614 \text{ kN} < 12962.25 \text{ kN ( NOT OK!)}$$

Dari perhitungan base shear diatas didapatkn bahwa gaya geser dinamis baik arah X maupun arah Y tidak memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala  $0,85V/V_t$ .

Arah x:

$$\frac{0,85 V}{V_{xt}} = \frac{12962.25}{6560.8087} = 1,98$$

Arah y:

$$\frac{0.85 V}{V_{yt}} = \frac{12962.25}{5651.9614} = 2.3$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada scale factor untuk Define Respons Spectra. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah sesuai Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS  $V_x$  &  $V_y$  Baru

TABLE: Base Reactions						
Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Gempa X	- 14774.1 306	0.0001	0	-0.0066	- 1727711	183608. 0833
Gempa Y	- 0.00004 66	- 14774.1 202	0.00000 1479	1727710	-0.0053	-337807
Gempa RS X Max	<b>12990.4</b> <b>013</b>	3491.07 78	0	224890. 8421	1101021	172943. 228
Gempa RS Y Max	4661.53 27	<b>12999.5</b> <b>112</b>	7.521E- 07	864812. 8904	384852. 8909	276555. 2783
1D + 0.5L	0	0	616697. 9922	7122862	- 1310483 2	0.0017

$$V = 12962.25 \text{ kN kN}$$

$$V_x = 12990.4013 \text{ kN}$$

$$V_y = 12999.5112 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$12990.4013 \text{ kN} > 0,85 \times 15249.70795 \text{ kN}$$

$$12990.4013 \text{ kN} > 12962.25 \text{ kN (OK!)}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85 \cdot V$$

$$12999.5112 \text{ kN} > 0,85 \times 15249.70795 \text{ kN}$$

$$12999.5112 \text{ kN} > 12962.25 \text{ kN ( (OK!)}$$

Selain melakukan kontrol base shear dilakukan kontrol perhitungan Berat struktur dengan kombinasi 1D + 1L dengan perhitungan berat struktur manual. Hasil perhitungan manual adalah **66857732.03** dan hasil perhitungan Etab adalah **66509825.97 kg** Didapatkan selisih perhitungan 0.5% maka syarat memenuhi.

#### 4.2.4.9 Kontrol Dual System

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall (Tabel 4.11).

Tabel 4. 11 Kontrol Sistem Ganda

kontrol dual sistem				
Pemikul Gaya	Gempa Arah X		Gempa Arah Y	
	Fx	%	Fy	%
SW	6056.355	72	5440.755	73
FRAME	2358.316	28	1986.771	27
	8414.671	100.0	7427.526	100.0

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

#### 4.2.4.10 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90% (Tabel 4.12).

Tabel 4. 12 Total Partisipasi Massa

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	96.41
Modal	Acceleration	UY	100	95.19
Modal	Acceleration	UZ	0	0

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

#### 4.2.4.11 Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Tabel 4. 13 Batas Simpangan Gedung

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

<sup>a</sup>  $h_m$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan di atas.

$$\begin{aligned} \delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \\ &= 0,020 \times 4000 = 80 \text{ mm (B3-GF)} \\ \delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \\ &= 0,020 \times 5000 = 100 \text{ mm (1-5)} \\ \delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \end{aligned}$$

$$= 0,020 \times 3400 = 68 \text{ mm (6-48)}$$

Lalu dilanjutkan mencari  $\delta_i$  dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$\delta_i = \frac{\text{Drift} \times Cd}{Ie}; Cd = 5,5 \text{ (SNI 1726 : 2012, Tabel 9)}$$

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan  $\delta_i$  sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 14 Kontrol Simpangan arah X

Story	Load Case/Comb o	Arah	Max	Avg	Ratio	$\delta$	$\delta_{ijin}$	Ce k
			mm	mm		mm	mm	
Story4 3	Gempa RS X Max	X	117. 6	117. 6	1.14879 1	9.35	68	Ok
Story4 2	Gempa RS X Max	X	115. 9	115. 9	1.14875 8	9.9	68	Ok
Story4 1	Gempa RS X Max	X	114. 1	114. 1	1.14871 8	9.9	68	Ok
Story4 0	Gempa RS X Max	X	112. 3	112. 3	1.14868 6	10.4 5	68	Ok
Story3 9	Gempa RS X Max	X	110. 4	110. 4	1.14865	10.4 5	68	Ok
Story3 8	Gempa RS X Max	X	108. 5	108. 5	1.14860 4	11	68	Ok
Story3 7	Gempa RS X Max	X	106. 5	106. 5	1.14853 9	11.5 5	68	Ok
Story3 6	Gempa RS X Max	X	104. 4	104. 4	1.14844 9	11.5 5	68	Ok
Story3 5	Gempa RS X Max	X	102. 3	102. 3	1.14833 2	12.1	68	Ok
Story3 4	Gempa RS X Max	X	100. 1	100. 1	1.14818 3	12.6 5	68	Ok
Story3 3	Gempa RS X Max	X	97.8	97.8	1.14802 9	12.6 5	68	Ok
Story3 2	Gempa RS X Max	X	95.5	95.5	1.14786 9	12.6 5	68	Ok
Story3 1	Gempa RS X Max	X	93.2	93.2	1.14766 6	13.7 5	68	Ok
Story3 0	Gempa RS X Max	X	90.7	90.7	1.14743 3	13.2	68	Ok



Story2 9	Gempa RS X Max	X	88.3	88.3	1.14716 8	14.3	68	Ok
Story2 8	Gempa RS X Max	X	85.7	85.7	1.14686 9	14.3	68	Ok
Story2 7	Gempa RS X Max	X	83.1	83.1	1.14652 8	14.8 5	68	Ok
Story2 6	Gempa RS X Max	X	80.4	80.4	1.14614	14.8 5	68	Ok
Story2 5	Gempa RS X Max	X	77.7	77.7	1.14570 1	14.8 5	68	Ok
Story2 4	Gempa RS X Max	X	75	75	1.14520 1	15.9 5	68	Ok
Story2 3	Gempa RS X Max	X	72.1	72.1	1.14469 9	15.4	68	Ok
Story2 2	Gempa RS X Max	X	69.3	69.3	1.14417	16.5	68	Ok
Story2 1	Gempa RS X Max	X	66.3	66.3	1.14355 5	15.9 5	68	Ok
Story2 0	Gempa RS X Max	X	63.4	63.4	1.14285 6	16.5	68	Ok
Story1 9	Gempa RS X Max	X	60.4	60.4	1.14206 2	17.0 5	68	Ok
Story1 8	Gempa RS X Max	X	57.3	57.3	1.14115 7	16.5	68	Ok
Story1 7	Gempa RS X Max	X	54.3	54.3	1.14012 2	17.0 5	68	Ok
Story1 6	Gempa RS X Max	X	51.2	51.2	1.13893 7	17.6	68	Ok
Story1 5	Gempa RS X Max	X	48	48	1.13758 1	17.0 5	68	Ok
Story1 4	Gempa RS X Max	X	44.9	44.9	1.13602 5	17.6	68	Ok
Story1 3	Gempa RS X Max	X	41.7	41.7	1.13434 1	17.6	68	Ok
Story1 2	Gempa RS X Max	X	38.5	38.5	1.13243 1	17.6	68	Ok
Story1 1	Gempa RS X Max	X	35.3	35.3	1.13028 7	18.1 5	68	Ok
Story1 0	Gempa RS X Max	X	32	32	1.12789 8	17.6	68	Ok
Story9	Gempa RS X Max	X	28.8	28.8	1.12523 8	17.6	68	Ok
Story8	Gempa RS X Max	X	25.6	25.6	1.12248 5	25.8 5	100	Ok

Story7	Gempa RS X Max	X	20.9	20.9	1.11816 9	25.8 5	100	Ok
Story6	Gempa RS X Max	X	16.2	16.2	1.11348 8	23.6 5	100	Ok
Story5	Gempa RS X Max	X	11.9	11.9	1.10840 5	22	100	Ok
Story4	Gempa RS X Max	X	7.9	7.9	1.10291 7	18.7	100	Ok
Story3	Gempa RS X Max	X	4.5	4.5	1.09618 5	12.1	80	Ok
Story2	Gempa RS X Max	X	2.3	2.3	1.08741 4	8.8	80	Ok
Story1	Gempa RS X Max	X	0.7	0.7	1.08107 6	3.85	80	Ok
Base	Gempa RS X Max	Y	0	0		0		

Tabel 4. 15 Kontrol Simpangan arah Y

Story	Load Case/Combo	Arah	Max	Avg	Ratio	$\delta$	$\delta$ ijin	Cek
			mm	mm		mm	mm	
Story4 3	Gempa RS Y Max	Y	208. 8	208. 8	1	26.9 5	68	Ok
Story4 2	Gempa RS Y Max	Y	203. 9	203. 9	1	27.5	68	Ok
Story4 1	Gempa RS Y Max	Y	198. 9	198. 9	1	27.5	68	Ok
Story4 0	Gempa RS Y Max	Y	193. 9	193. 9	1	27.5	68	Ok
Story3 9	Gempa RS Y Max	Y	188. 9	188. 9	1	28.0 5	68	Ok
Story3 8	Gempa RS Y Max	Y	183. 8	183. 8	1	27.5	68	Ok
Story3 7	Gempa RS Y Max	Y	178. 8	178. 8	1	28.0 5	68	Ok
Story3 6	Gempa RS Y Max	Y	173. 7	173. 7	1	28.0 5	68	Ok
Story3 5	Gempa RS Y Max	Y	168. 6	168. 6	1	28.6	68	Ok
Story3 4	Gempa RS Y Max	Y	163. 4	163. 4	1	28.0 5	68	Ok

Story3 3	Gempa RS Y Max	Y	158. 3	158. 3	1	28.6	68	Ok
Story3 2	Gempa RS Y Max	Y	153. 1	153. 1	1	28.6	68	Ok
Story3 1	Gempa RS Y Max	Y	147. 9	147. 9	1	29.1 5	68	Ok
Story3 0	Gempa RS Y Max	Y	142. 6	142. 6	1	28.6	68	Ok
Story2 9	Gempa RS Y Max	Y	137. 4	137. 4	1	29.1 5	68	Ok
Story2 8	Gempa RS Y Max	Y	132. 1	132. 1	1	29.1 5	68	Ok
Story2 7	Gempa RS Y Max	Y	126. 8	126. 8	1	29.7	68	Ok
Story2 6	Gempa RS Y Max	Y	121. 4	121. 4	1	29.1 5	68	Ok
Story2 5	Gempa RS Y Max	Y	116. 1	116. 1	1	29.1 5	68	Ok
Story2 4	Gempa RS Y Max	Y	110. 8	110. 8	1	29.7	68	Ok
Story2 3	Gempa RS Y Max	Y	105. 4	105. 4	1	29.1 5	68	Ok
Story2 2	Gempa RS Y Max	Y	100. 1	100. 1	1	29.7	68	Ok
Story2 1	Gempa RS Y Max	Y	94.7	94.7	1	29.1 5	68	Ok
Story2 0	Gempa RS Y Max	Y	89.4	89.4	1	29.1 5	68	Ok
Story1 9	Gempa RS Y Max	Y	84.1	84.1	1	29.1 5	68	Ok
Story1 8	Gempa RS Y Max	Y	78.8	78.8	1	28.6	68	Ok
Story1 7	Gempa RS Y Max	Y	73.6	73.6	1	28.6	68	Ok
Story1 6	Gempa RS Y Max	Y	68.4	68.4	1	28.0 5	68	Ok
Story1 5	Gempa RS Y Max	Y	63.3	63.3	1	28.0 5	68	Ok
Story1 4	Gempa RS Y Max	Y	58.2	58.2	1	27.5	68	Ok
Story1 3	Gempa RS Y Max	Y	53.2	53.2	1	27.5	68	Ok
Story1 2	Gempa RS Y Max	Y	48.2	48.2	1	26.4	68	Ok

Story1 1	Gempa RS Y Max	Y	43.4	43.4	1	25.8 5	68	Ok
Story1 0	Gempa RS Y Max	Y	38.7	38.7	1	25.3	68	Ok
Story9	Gempa RS Y Max	Y	34.1	34.1	1	24.2	68	Ok
Story8	Gempa RS Y Max	Y	29.7	29.7	1	34.6 5	100	Ok
Story7	Gempa RS Y Max	Y	23.4	23.4	1	31.3 5	100	Ok
Story6	Gempa RS Y Max	Y	17.7	17.7	1	28.6	100	Ok
Story5	Gempa RS Y Max	Y	12.5	12.5	1	24.7 5	100	Ok
Story4	Gempa RS Y Max	Y	8	8	1	19.8	100	Ok
Story3	Gempa RS Y Max	Y	4.4	4.4	1	12.1	80	Ok
Story2	Gempa RS Y Max	Y	2.2	2.2	1	8.25	80	Ok
Story1	Gempa RS Y Max	Y	0.7	0.7	1	3.85	80	Ok
Base	Gempa RS Y Max	Y	0	0		0		

Maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X maupun Y memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 1726:2012.

#### 4.2.4.12 Analisa Eksentrisitas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana *ed* sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.2 dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan.

- $e_x = e_{0x} + (0,05 B_x)$
- $e_y = e_{0y} + (0,05 B_y)$

dimana:

- $e_{0x}$  dan  $e_{0y}$  adalah eksentrisitas bawaan gedung
- $0,05 B_x$  dan  $0,05 B_y$  adalah eksentrisitas tak terduga
- $B_x$  adalah panjang gedung arah x
- $B_y$  adalah panjang gedung arah y

Berdasarkan hasil dari ETABS maka didapatkan eksentrisitas pada Tabel 4.16

Tabel 4. 16 Eksentrisitas Aktual terhadap Pusat Massa dan Pusat Rotasi

Story	XC	YC	XCC	YCC	e	e	0.05	0.05	Kontrol	
	M	M	M	M	X	Y			bx	by
	m	m	m	m	m	m				
Story 1	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 2	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 3	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 4	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 5	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 6	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 7	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 8	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 9	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 10	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 11	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 12	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 13	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 14	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok

Story 15	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 16	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 17	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 18	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 19	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 20	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 21	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 22	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 23	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 24	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 25	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 26	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 27	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 28	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 29	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 30	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 31	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 32	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok

Story 33	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 34	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 35	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 36	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 37	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 38	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 39	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 40	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 41	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 42	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok
Story 43	21.25	11.55	21.25	11.55	0	0	1.155	2.125	Not Ok	Not Ok

Keterangan :

Xcm : Koordinat Pusat Massa arah X

Ycm : Koordinat Pusat Massa arah Y

Xcr : Koordinat Pusat Kekakuan arah X

Ycr : Koordinat Pusat Kekakuan arah Y

ex : Eksentrisitas aktual arah X

ey : Eksentrisitas aktual arah Y

Dari hasil perhitungan dan kontrol eksentrisitas aktual akibat eksentrisitas tak terduga berdasarkan SNI 1726:2012 diatas, didapatkan bahwa seluruh eksentrisitas tidak memenuhi syarat  $e_{xy} > 0,05 B_{xy}$ . Maka perlu ada pergeseran pusat massa baru, karena nilai eksentrisitas lebih besar dari  $0,05 B_{xy}$  yang artinya tidak perlu

mencari pusat massa baru untuk mengantisipasi torsi tak terduga pada gedung.

Tabel 4. 17 Tabel Perhitungan Pusat Massa

Story	XCM	YCM	XCC M	YCC M	e X	e Y	ed= 1.5e+0.05b		ed=e-0.05b		ed pakai	
	m	M	m	m	m	m	X	Y	X	Y	X	Y
Story 1	22.4 245	11.5 447	22.4 245	11.5 447	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 2	22.4 481	11.5 446	22.4 481	11.5 446	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 3	23.4 932	11.5 455	23.4 932	11.5 455	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 4	24.7 863	11.5 483	24.7 863	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 5	25.0 205	11.5 481	25.0 205	11.5 481	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 6	24.8 609	11.5 482	24.8 609	11.5 482	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 7	24.7 149	11.5 483	24.7 149	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 8	24.2 425	11.5 481	24.2 425	11.5 481	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 9	23.8 774	11.5 478	23.8 774	11.5 478	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 10	24.0 021	11.5 477	24.0 021	11.5 477	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 11	23.9 176	11.5 478	23.9 176	11.5 478	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 12	23.8 384	11.5 478	23.8 384	11.5 478	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16



Story 13	25.9 903	11.5 483	25.9 903	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 14	27.8 818	11.5 485	27.8 818	11.5 485	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 15	28.3 933	11.5 484	28.3 933	11.5 484	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 16	28.2 58	11.5 484	28.2 58	11.5 484	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 17	28.1 278	11.5 485	28.1 278	11.5 485	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 18	28.0 025	11.5 485	28.0 025	11.5 485	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 19	27.8 818	11.5 485	27.8 818	11.5 485	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 20	27.7 655	11.5 485	27.7 655	11.5 485	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 21	27.6 533	11.5 486	27.6 533	11.5 486	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 22	27.5 451	11.5 486	27.5 451	11.5 486	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 23	27.2 264	11.5 485	27.2 264	11.5 485	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 24	27.3 443	11.5 483	27.3 443	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 25	27.7 725	11.5 482	27.7 725	11.5 482	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 26	27.6 597	11.5 483	27.6 597	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 27	27.5 509	11.5 483	27.5 509	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 28	27.4 458	11.5 483	27.4 458	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 29	27.3 443	11.5 483	27.3 443	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16

Story 30	27.2 461	11.5 484	27.2 461	11.5 484	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 31	27.1 512	11.5 484	27.1 512	11.5 484	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 32	27.0 593	11.5 484	27.0 593	11.5 484	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 33	26.4 823	11.5 483	26.4 823	11.5 483	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 34	26.0 721	11.5 48	26.0 721	11.5 48	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 35	26.3 343	11.5 478	26.3 343	11.5 478	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 36	26.2 66	11.5 479	26.2 66	11.5 479	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 37	26.1 996	11.5 479	26.1 996	11.5 479	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 38	26.1 35	11.5 479	26.1 35	11.5 479	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 39	26.0 721	11.5 48	26.0 721	11.5 48	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 40	26.0 109	11.5 48	26.0 109	11.5 48	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 41	25.9 513	11.5 48	25.9 513	11.5 48	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 42	25.8 995	11.5 48	25.8 995	11.5 48	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16
Story 43	24.3 323	11.5 476	24.3 323	11.5 476	0	0	2.1 3	1.15 5	- 2.1 3	- 1.1 55	2.1 25	1. 16

### 4.3 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.3.1 Perencanaan Pelat Pracetak

##### 4.3.1.1 Umum

Pelat yang direncanakan pada gedung pembagian ini berdasarkan perbedaan dari beban dan bentuk denah dari desain

perencanaan .Dalam perencanaan di gunakan beberapa tipe plat sesuai dengan **Tabel 4.4**

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 140 mm dengan perincian tebal pelat pracetak 80 mm dan pelat cor setempat (*overtopping*) 60 mm (SNI 7833:13). Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja padastruktur pelat adalah SNI 03- 1727-2013 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983). Desain Pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu :

### **1. Sebelum Komposit**

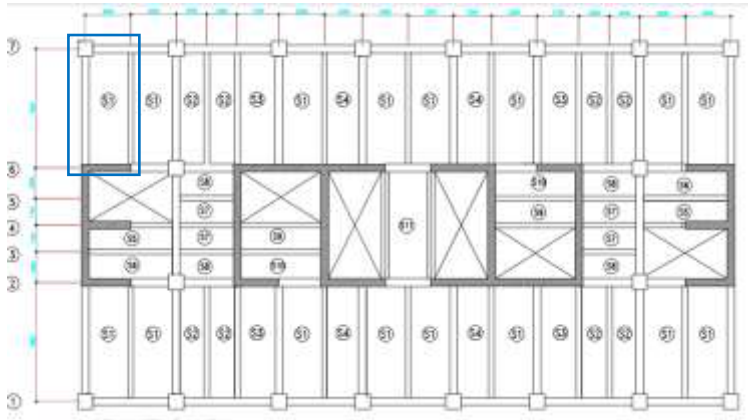
Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat dapat dianggap sebagai perletakan bebas.

### **2. Sesudah Komposit**

Keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis. Pada dasarnya, permodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit adalah untuk perhitungan tulanan pelat. Pada saat sebelum komposit yaitu kondisi ketika pemasangan awal pelat, pelat diasumsikan tertumpu pada dua tumpuan. Sedangkan pada saat setelah komposit, perletakan pelat diasumsikan sebagai perletakkan terjepit elastis.

Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan diatas. Selain tulanan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulanang angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

Pada laporan ini, akan diberikan contoh perhitungan pelat tipe S1, dan pada saat pengangkatan digunakan pelat segmen B. Berikut merupakan contoh perhitungan pelat tipe S1.



Gambar 4. 5. Pelat Lantai Type

#### 4.2.1.2 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan untuk perencanaan pelat *Half Slab* type S1 yang akan digunakan untuk perhitungan :

- Tebal Pelat Full Slab : 14 cm
- Tebal Pelat Half Slab : 8 cm
- Mutu Beton : 35 Mpa
- Mutu Baja : 420 Mpa
- Tebal Selimut : 30 mm
- Diameter Tulangan (D) : 10 mm
- Panjang Pelat : 7.8 m
- Lebar Pelat : 3 m
- Ln : 7.3 m
- Sn : 2.575 m
- $\beta$  :  $\frac{7.3}{2.575} = 2.83 > 2$   
(pelat 1 Arah)

### 4.2.1.3 Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) berdasarkan SNI 1727 : 2013 sesuai dengan fungsi bangunan hotel.

#### ➤ Setelah Komposit

- Beban Mati

Pelat lantai	= 0.14 x 2400 = 336 kg/m <sup>2</sup>
Plafon + penggantung	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Tegel	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (2 cm)	= 21 kg/m <sup>2</sup>
Ducting + Plumbing	= 30 kg/m <sup>2</sup>
qd	= ∑ beban mati = 450 kg/m <sup>2</sup>

- Beban Hidup

Beban Hidup Apartemen	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Partisi	= 72 kg/m <sup>2</sup>
ql	= ∑ beban hotel = 264 kg/m <sup>2</sup>

- Kombinasi Beban

q	= 1.2 D + 1.6 L
q	= 1.2 x 450 + 1.6 x 264
q	= 962.4 kg/m <sup>2</sup>

#### ➤ Sebelum Komposit

- Beban Mati

Pelat Lantai	= 0.08 x 2400 = 216 kg/m <sup>2</sup>
Overtopping	= 0.06 x 2400 = 120 kg/m <sup>2</sup>
qd	= 216 + 120 = 336 kg/m <sup>2</sup>

- Beban Hidup

Beban Hidup Pekerja	= 100 kg/m <sup>2</sup>
ql	= 100 kg/m <sup>2</sup>

- Kombinasi Beban

$$\begin{aligned}
 q &= 1.2 D + 1.6 L \\
 q &= 1.2 (336) + 1.6 (100) \text{ kg/m}^2 \\
 q &= 563.2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.3.1.4 Perhitungan Tulangan Pelat

Bedasarkan hasil preliminary desain pelat maka perhitungan pelat terdiri dari berbagai tipe dengan bentuk dan dimensi sesuai pada **Tabel 4.4** . Selanjutnya akan ditampilkan contoh perhitungan penulangan pada pelat tipe S1 dengan dimensi total adalah 6.8 x 2.7 m. Dalam perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan setelah komposit dan sebelum komposit. Dari kedua tahap ini akan dicari penulangan yang paling kritis sebagai acuan desain. Dalam tahapan metode pelaksanaan pracetak, beton pracetak mulai bisa diangkat pada umur beton 7 hari, dan pengecoran overtoping dilaksanakan pada saat usia beton pada umur 14 hari. Untuk itu dalam desain sebelum komposit dan saat pengangkatan digunakan nilai kuat tekan beton sesuai dengan umurnya ( $f_{ci}$ ).

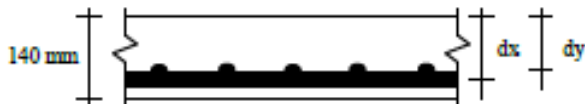
##### ➤ Setelah Komposit

Untuk beton  $f_c' 35$  Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 x \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 x \frac{35 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.8$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 x D$$

$$dx = 140 - 30 - 0.5 x 10$$

$$dx = 105 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 140 - 30 - 10 - 10/2$$

$$dy = 95 \text{ mm}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 35}$$

$$m = 14.117$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.033$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.033$$

$$\rho_{\max} = 0.0247$$

- **Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan**

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 962.4 \times 2.575^2$$

$$M = 797.664 \text{ kgm}$$

- **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2}$$

$$\phi = 0.9 \text{ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)}$$

$$Rn = \frac{797.664 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 105^2}$$

$$Rn = 0.803 \text{ n/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{14.117} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.117 \times 0.803}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.0019 > \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\text{Pakai } \rho \text{ perlu} = 0.0019$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0019 \times 1000 \times 105 \\ &= 203.76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{203.76}{78.57} \\ &= 2.59 = 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{3} \\ &= 333.33 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 3 \times 78.57 \\ &= 235.71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 300 mm

### • Penulangan Arah Y



Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\min} = 0.0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 95 \\ &= 171 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{162}{78.57} \\ &\approx 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{3} \\ &= 333.333 \text{ mm} \\ &\approx 300 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

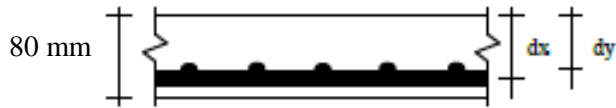
$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 3 \times 78.57 \\ &= 235.71 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan susu arah y D10-300 mm

### ➤ **Sebelum Komposit**

Untuk desain kondisi sebelum komposit kuat tekan beton yang digunakan adalah kuat tekan beton umur 14 hari dimana nilai  $f_{ci} = 0.88 \times 35 = 30.8$  Mpa. Untuk beton 30.8 Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \times \frac{f_{c'} - 28}{7} \\ \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \times \frac{30.8 - 28}{7} \\ \beta_1 &= 0.83\end{aligned}$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 80 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 45 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 80 - 30 - 10 - 10/2$$

$$dy = 35 \text{ mm}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 30.8}$$

$$m = 16.042$$

$\rho_{\min} = 0.0018$  (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.03$$

- Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 563.2 \times 2.575^2$$

$$M = 466.796 \text{ kgm}$$

• **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2}$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{466.796 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 45^2}$$

$$Rn = 2.561 \text{ n/mm}^2$$

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

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{16.042} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.042 \times 2.561}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.0064 > \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0064 \times 1000 \times 45 \\ &= 287.38 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{287.38}{78.57} = 3.65 \\ &\approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{4} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max1}} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$S_{\text{max2}} = 3(h) = 420 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = n \times \text{As (D10)}$$

$$= 5 \times 78.57$$

$$= 392.85 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah X D10 – 250 mm

### • Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0.0064 \times 1000 \times 35 \\ &= 224 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{224}{78.57} \\ &\approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{3} \\ &= 333.33 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 3 \times 78.57 \\ &= 235.71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan susu arah y D10-300 mm gunakan D10- 250 mm

### ➤ Pengangkatan

Pada saat desain tulangan pengangkatan nilai kuat tekan beton digunakan pada umur 7 hari , yaitu sebesar  $f_{ci} = 0.7 \times 35 \text{ Mpa} = 24.5 \text{ Mpa}$ . Untuk beton 24.5 Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85$$

$$dx = h \text{ precast} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 80 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 45 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - \text{Darah } x - \text{Darah } y$$

$$dy = 80 - 30 - 10 - 10/2$$

$$dy = 35 \text{ mm}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 420}$$

$$m = 20.17$$

$\rho_{\min} = 0.0018$  (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.0247$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.0247$$

$$\rho_{\max} = 0.0185$$

Perhitungan Momen akibat Pengangkatan saat Instansi

Berdasarkan Pci Handbook 7th Pasal 5.3, momen yang terjadi pada saat pengangkatan 4 titik angkat sebagai berikut:

$$M_x = 0.0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0.0107 \times w \times a \times b^2$$

Dimana,

$$W = h \text{ precast} \times \gamma \text{ beton}$$

$$W = 0.08 \times 2400$$

$$W = 192 \text{ kg/m}^2$$

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

$$b = 2.575 \text{ m}$$

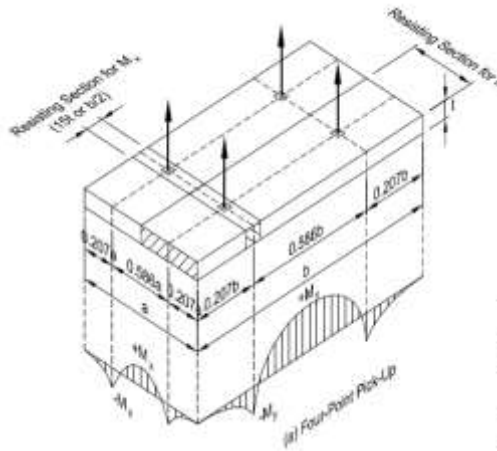
sehingga,

$$M_x = 0.0107 \times 192 \times 2^2 \times 2.575$$

$$M_x = 21.16 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0.0107 \times 192 \times 2 \times 2.575^2$$

$$M_y = 27.243 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 6. Momen Pengangkatan Pelat Pracetak  
(*PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th Edition, 2004*)

• **Penulangan Arah X**

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times d^2}$$

$$\phi = 0.9 \text{ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013)}$$

Lamp. C)

$$R_n = \frac{21.16 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 35^2}$$

$$R_n = 0.191 \text{ n/mm}^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{20.17} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20.17 \times 0.191}{420}}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0.00045 < \rho_{min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\ &= 81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As}_{perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{81}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{tulangan} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{max} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 400 mm

#### • Penulangan Arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2}$$

$$\phi = 0.9 \text{ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013)}$$

Lamp. C)

$$Rn = \frac{27.243 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 45^2}$$

$$Rn = 0.149 \text{ n/mm}^2$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{14.117} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14.117 x 0.149}{420}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.000357 < \rho_{\text{min}} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho x b x dx \\ &= 0.0018 x 1000 x 55 \\ &= 99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} x \pi x D^2 \\ &= \frac{1}{4} x \pi x 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{99}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\ \text{As pakai} &= n x \text{As (D10)} \\ &= 2 x 78.57 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah y D10 – 400 mm

#### 4.3.1.5 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit, panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847 : 2013 pasal 12.5. sebagai berikut :

- $I_{dh} > 8 x Db = 8 x 10 = 80 \text{ mm}$
- $I_{dh} > 150 \text{ mm}$
- $I_{hb} = \frac{100 x Db}{\sqrt{f_c'}} x \frac{f_y}{400}$

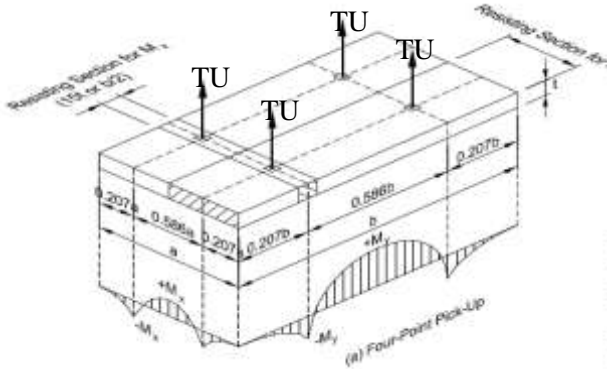


$$\begin{aligned}
 &= \frac{100 \times 10}{\sqrt{35}} \times \frac{420}{400} \\
 &= 177.48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran 200 mm

#### 4.3.1.6 Pengangkatan Pelat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe B dengan dimensi 2 x 2.275 m dengan 4 titik pengangkatan.



Gambar 4. 7. Jarak Tulangan Angkat  
(*PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th Edition, 2004*)

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times p \times l \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0.08 \times 2.575 \times 2 \times 2400 \\
 &= 988.8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K = \text{factor kejut} = 1.2$  (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 988.8$$

$$q = 1186.56 \text{ Kg}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$Tu = \frac{q}{4}$$

$$Tu = \frac{1186.56}{4}$$

$$Tu = 2.96 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{fy}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Tu}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 2.96 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0.366 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D10

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

$$\begin{aligned} & \text{Dimana,} \\ \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \times \sqrt{f_c'}}{SF} \\ \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \times \sqrt{35}}{1.5} = 2.76 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Berdasarkan *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2, momen diperhitungkan dari arah x dan arah y, diambil yang memiliki momen paling besar.

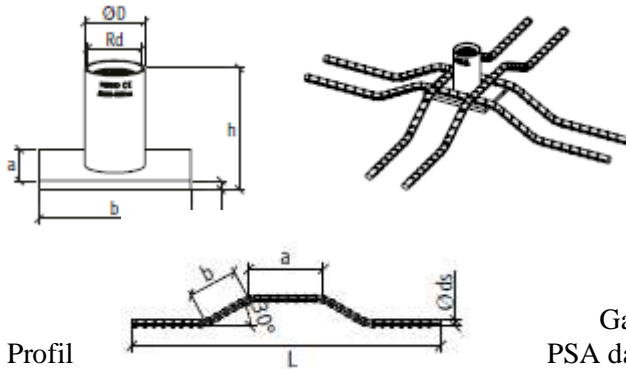
$$\begin{aligned} M_x &= 0.0107 \times 192 \times 2^2 \times 2.575 \\ M_x &= 21.16 \text{ kgm} \\ M_y &= 0.0107 \times 192 \times 2 \times 2.575^2 \\ M_y &= 27.243 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times (h_{\text{pracetak}})^2 \\ Z &= \frac{1}{6} \times \frac{200}{2} \times (8)^2 \\ Z &= 1066.66 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{Pelat}} &= \frac{21.265 \times 10000}{1066.66 \times 1000} \\ \sigma_{\text{pelat}} &= 0.1993 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2.95 \text{ Mpa (OK)} \end{aligned}$$

• **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 4 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ .



4. 8. Profil Perkuatan

Gambar PSA dan



Gambar 4. 9. Kait *Jenka Lifter*

#### 4.3.1.7 Kontrol Lendutan Pelat

Kontrol lendutan dihitung untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi saat komposit, dimana beban hidup sudah mulai bekerja. Pehitungan lendutan pelat dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 9.5. sebagai berikut:

- Data Perencanaan

$$\begin{aligned} h & : 140 \text{ mm} \\ b & : 7800 \text{ mm} \\ y_t & : \frac{h}{2} = \frac{140}{2} = 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati Saja

$$q \text{ pelat} : 450 \text{ kg/m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 7800 \times 140^3$$

$$I_g = 1783600000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai  $f_r$  sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{35}$$

$$f_r = 3.667 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.667 \times 1783600000}{70 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 93.45 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 450 \times 2.575^2}{100}$$

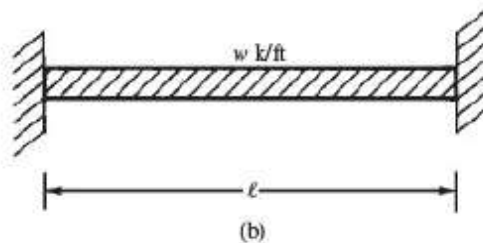
$$M_a = M_d = 3.72 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

93.45 kNm > 3.72 kNm → tidak perlu transformasi

$$\begin{aligned} \text{Sehingga,} \\ M_{cr} &= M_a \\ I_e &= I_g \\ I_e &= 1783600000 \text{ mm}^4 \\ E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ E_c &= 4700\sqrt{35} \\ E_c &= 27805.57 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 4.



Gambar 4. 10. Defleksi pada Pelat

$$\begin{aligned} \delta D &= \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e} \\ \delta D &= \frac{5 \times 264 \times 10^{-2} \times 2575^4}{384 \times 27805.57 \times 1783600000} \end{aligned}$$

$$\delta D = 0.03 \text{ mm}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati dan Hidup  
q pelat :  $450 + 264 = 714 \text{ kg/m}$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 7800 \times 140^3$$

$$I_g = 1783600000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai  $f_r$  sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{35}$$

$$f_r = 3.667 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.667 \times 1783600000}{70 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 93.435 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 714 \times 2.575^2}{100}$$

$$M_a = M_d = 5.91 \text{ kNm}$$

$M_{cr} > M_a \rightarrow$  tidak perlu transformasi

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

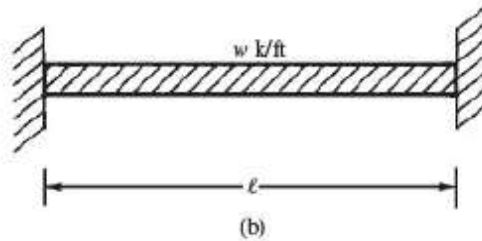
$$I_e = 1783600000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{35}$$

$$E_c = 27805.57 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 4.



Gambar 4. 11. Defleksi pada Pelat

$$\delta D + L = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E c \times I e}$$

$$\delta D + L = \frac{5 \times 714 \times 10^{-2} \times 2575^4}{384 \times 27805.57 \times 1783600000}$$

$$\delta D + L = 0.082 \text{ mm}$$

Lendutan yang dihitung pada pelat adalah lendutan yang terjadi akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sehingga didapatkan lendutan seketika akibat beban hidup sebagai berikut :

$$\delta L = \delta(D + L) - \delta D$$

$$\delta L = 0.082 - 0.03$$

$$\delta L = 0.052 \text{ mm}$$



Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.2.5, lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dihitung berdasarkan factor tergantung waktu, sebagai berikut:

Duration of Load	Time Factor $\zeta$
5 years or more	2.0
12 months	1.4
6 months	1.2
3 months	1.0

Gambar 4. 12. Faktor Lendutan Jangka Panjang  
Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

$$\delta L(\text{long term}) = \delta L(\text{short term}) \times \epsilon$$

$$\delta L(\text{long term}) = 0,238 \times 2$$

$$\delta L(\text{long term}) = 0.476\text{mm}$$

Lendutan izin yang disyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5(a) adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 18 Lendutan Izin Maksimum

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/180^*$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan	$l/480^*$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.	jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) <sup>1</sup>	$l/240^*$
<p><sup>*</sup>Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (camber), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase.</p> <p><sup>1</sup>Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktur. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau.</p> <p><sup>2</sup>Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan.</p> <p><sup>3</sup>Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktur. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.</p>		

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = \frac{l}{480}$$

$$\delta_{izin} = \frac{2275}{480}$$

$$\delta_{izin} = 4.739 \text{ mm}$$

$$\delta_{izin} > \delta L(\text{long term})$$

$$4.739 \text{ mm} > 0.476 \text{ mm (OK !)}$$

Dari beberapa perhitungan kondisi pelat diatas, didapat besar keperluan tulangan yang paling kritis. Yaitu dengan penulangan arah X D10-200 mm dan arah Y D10-250 mm. Berikut tabel rekapitulasi penulangan pelat lantai pada Tower Caspian.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Pelat	Penulangan								Tegangan Saat		Lendutan		Tu (kN)	Tipe Jrd/ JM
	Sebelum Komposit		Pangangkakan		Sesudah Komposit		Tulangan Pakai		$\sigma_{\text{pelat}}$	$\sigma_{\text{jin}}$	Lendutan	Lendutan jin		
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Mpa	Mpa	mm	mm		
S1	300	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,9664	Jrd/JM 14
S2	250	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,9664	Jrd/JM 14
S3	500	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,9664	Jrd/JM 14
S4	400	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,3726	4,73	1,6416	Jrd/JM 14
S5	300	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,9664	Jrd/JM 14
S6	300	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,5632	Jrd/JM 14
S7	300	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,9664	Jrd/JM 14
S8	300	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,3726	4,73	2,3904	Jrd/JM 14
S9	500	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,9664	Jrd/JM 14
S10	300	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	2,3904	Jrd/JM 14
S11	300	300	300	300	300	300	200	250	0,255412	2,760837	0,414	4,73	1,8144	Jrd/JM 14

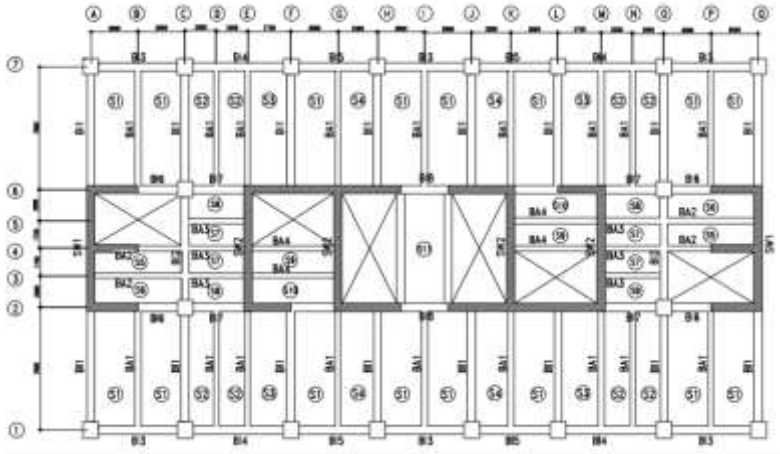
### 4.3.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada di balok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

#### 4.3.2.1 Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

Dalam perhitungan bab ini, akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi. Kondisi tersebut antara lain saat balok komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit. Contoh perhitungan pada balok anak BA 1:

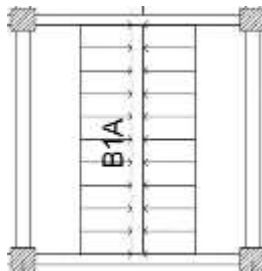
- Dimensi Komposit : 35 x 50 cm
- Dimensi Halfbeam : 35 x 31 cm
- Tebal Overtopping Balok : 14 cm
- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- L : 7.8 m
- $L_x$  :  $L - b_{\text{balok induk}}$   
: 7.8 – 0.5 m  
: 7.3 m
- $D_{\text{longitudinal}}$  : 25 mm
- $D'_{\text{transversal}}$  : 10 mm
- Decking ( $d'$ ) : 40 mm



Gambar 4. 13. Denah Balok Anak

#### 4.3.2.2 Pembebanan Balok Anak Pracetak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.14 berikut:



Gambar 4. 14. Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit

➤ **Pembebanan Sebelum Komposit**

Pembebanan sebelum komposit terjadi pada saat komponen balok anak sudah terinstall dan sedang dalam proses pengecoran overtopping, namun beban hidup pada lantai belum bekerja.

• **Beban Mati**

- Berat sendiri Balok :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 :  $0.35 \times 0.36 \times 2400$   
 : 302.4 kg/m

- Berat Overtopping :  $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 :  $0.35 \times 0.14 \times 2400$   
 : 117.6 kg/m

- Berat Pelat : 336 kg/m<sup>2</sup>  
 (berdasarkan Perhitungan Pelat lantai)

- Luas Pelat :  $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$  (pelat type S1)  
 : 3 /m'  
 : 23.4 m<sup>2</sup>

- qd :  $302.4 + 117.6 + (336 \times 3)$   
 : 1428 kg/m

• **Kombinasi Beban**

qu : 1.4 x qd  
 qu : 1.4 x 1428  
 qu : 1999.2 kg/m

➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

• **Beban Mati**

- Berat Sendiri:  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 :  $0.35 \times 0.36 \times 2400$   
 : 302.4 kg/m

- qd : 302.4 kg/m

• **Kombinasi Beban**

$$\begin{aligned} q_u &: 1.4 \times q_d \\ q_u &: 1.4 \times 302.4 \\ q_u &: 423.36 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.3.2.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{35}}{420} = 0.002976$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \text{ (menentukan)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c' - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0333$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.0333 = 0.0249 \text{ (menentukan)}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c'} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.11$$

##### a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 437.5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak setelah balok anak komposit diambil dari hasil permodelan pada program bantu ETABS.

$$\begin{aligned} M_{\text{tumpuan}} &= 136.6237 \text{ kN m} \\ M_{\text{lapangan}} &= 66.7357 \text{ kN m} \\ V_u &= 85.07 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d x^2} = \frac{136.6237 \times 10^6}{0.9 \times 350 \times 437.5^2} = 2.26 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14.11} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.11 \times 2.26}{420}} \right) = 0.0056$$

$\rho_{\text{min}} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0.0056$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b_w \times d x$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0.0056 \times 350 \times 437.5 = 857.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{S}}(D25) = \frac{1}{4} x \pi \times D^2$$

$$A_{\text{S}}(D25) = \frac{1}{4} x \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{S}}(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{857.5}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 66.67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$A_{\text{S}} \text{ pakai} = n \times A_{\text{S}}(D25)$$

$$A_{\text{S}} \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.148 \text{ mm}^2$$

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



- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{b_w \times d_x}$$

$$\rho = \frac{982.148}{350 \times 437.5} = 0.0064 > 0.0056(ok)$$

$$a = \frac{0.85 \times b_w \times f_c'}{982.148 \times 420}$$

$$a = \frac{0.85 \times 350 \times 40}{982.148 \times 420} = 34.66 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{34.664}{0.8} = 43.33 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\epsilon_t = \frac{437.5 - 43.33}{43.33} \times 0.003 = 0.0272 > 0.005 (ok)$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Positif di Tumpuan

$$AS_{perlu} = \frac{982.148}{2} = 491.074 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{491.074}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$

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

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{13667.35 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 487.5} = 1.92 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{12.35} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 1.92}{420}} \right) = 0.0047$$

$\rho_{min} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0.0047$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0047 \times 400 \times 487.5 = 916.6318 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{916.6318}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$AS \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.1429 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D25**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{982.1429}{400 \times 487.5} = 0.005 > 0.0047(ok)$$

$$a = \frac{AS \times fy}{0.85 \times bw \times fc'}$$

$$a = \frac{982.1429 \times 420}{0.85 \times 400 \times 40} = 30.33 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\beta_1}{0.764} \times a$$

$$c = \frac{30.33}{0.764} = 39.66 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\epsilon_t = \frac{487.5 - 39.66}{39.66} \times 0.003 = 0.034 > 0.005 (ok)$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$AS_{perlu} = \frac{916.6318}{2} = 458.3159 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{458.3159}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25**

b. Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan dimana nilai  $f_c$  beton saat pengecoran (sebelum komposit) adalah kuat tekan beton pada umur 14 hari yaitu sebesar  $0.88 \times 35 = 30.8 \text{ Mpa}$ , sebagai berikut :

$$\rho \text{ min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0.25 \sqrt{30.8}}{420} = 0.0033$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \text{ (menentukan)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(30.8 - 28)}{7} = 0.83$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.83 \times 30.8}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.03$$

$$\rho \text{ max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho \text{ max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

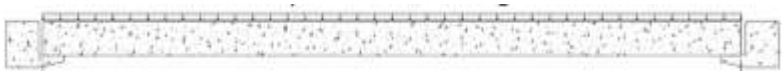
$$\rho \text{ max} = 0.75 \times 0.0333 = 0.023 \text{ (menentukan)}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 30.8} = 16.04$$

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 360 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 25 = 297.5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak sebelum balok anak komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok anak adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.



Gambar 4. 15. Pembebanan Balok Anak

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

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times qu \times Lx^2 = \frac{1}{8} \times 1999.2 \times 7.8^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 15203.916 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.0033 \times 350 \times 297.5 = 343.61 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{343.61}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{350 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 210 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.1429 \text{ mm}^2$$

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

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0033 \times 350 \times 297.5 = 343.6125 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{343.6125}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.1429 \text{ mm}^2$$

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

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi x bw x dx} = \frac{15203.916 x 10^4}{0.9 x 350 x 297.5^2} = 5.45 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{16.04} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 16.04 x 5.45}{420}} \right) = 0.015$$

$\rho_{min} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0.015$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.015 x 350 x 297.5 = 1561.875 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1561.875}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 4 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 4 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 66.66 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 4D25**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{2455.357}{400 \times 347.5} = 0.018 > 0.015(ok)$$

$$a = \frac{AS \times fy}{0.85 \times bw \times fc'}$$

$$a = \frac{2455.357 \times 420}{0.85 \times 400 \times 40} = 75.83 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{75.83}{0.764} = 99.21 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{c}{347.5 - c} \times 0.003$$

$$\epsilon_t = \frac{99.21}{347.5 - 99.21} \times 0.003 = 0.0075 > 0.005 (ok)$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.00333 \times 350 \times 297.5 = 343.612 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{343.612}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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



$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

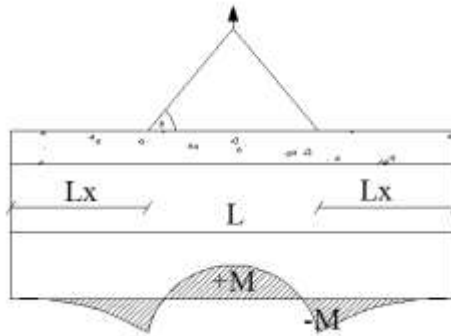
**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25**

c. Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 360 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 297.5 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 16. Pengangkatan Balok

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

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

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{360}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 35 \times 36^3 = 136080 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 18 + 5 = 23 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 7.8 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4y_c}{Lx \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} x \left( 1 + \frac{4y_c}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0.22765$$

$$LX = 780 \times 0.22765 = 177.567 \text{ cm}$$

$$W = qu = 423.36 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 38263.228 \text{ kgm}$$

$$- M = 667.427 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $p_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.00333 \times 350 \times 297.5 = 343.612 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{343.612}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25**

- Tulangan positif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $p_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.00333 \times 350 \times 297.5 = 343.612 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{343.612}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2D25**

- Tulangan Positif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $p_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.00333 \times 350 \times 297.5 = 343.612 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{343.612}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D25**

- Tulangan Negatif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $p_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$A_{Sperlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$A_{Sperlu} = 0.00333 \times 350 \times 297.5 =$$

$$343.612 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{Sperlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{343.612}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25**

#### 4.3.2.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

- Perhitungan Tulangan Setelah Komposit

$$V_u = 85.05 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f'c'} x b_w x d_x$$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{40} x 400 x 487.5 = 205548 \text{ N} = 205.548 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.9 x 205.548 \text{ kN} = 184.9932$$

$$0.5\phi V_c = 0.5 x 184.9932 = 92.45 \text{ kN}$$

$V_u < 0.5\phi V_c \rightarrow$  Dikarenakan nilai  $V_u$  terlalu kecil maka digunakan tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{77.7093}{0.9} = 86.34 \text{ kN}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} x \pi x 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 x A_s D10$$

$$A_v = 2 x 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ maks} = \frac{A_v x f_y x d_x}{V_s}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157.4 x 420 x 487.5}{86.34 x 1000} = 372.64 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{487.5}{4} = 121.875 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 x 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-120 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{487.5}{2} = 243.75 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-240 mm**

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

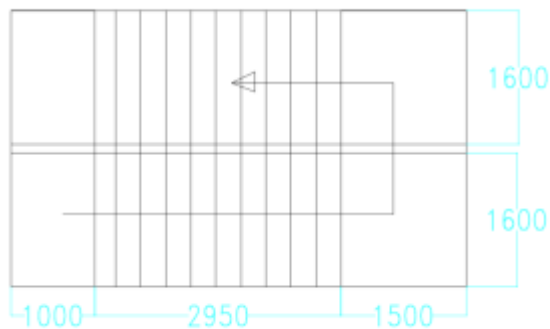
Tipe Balok	BA 1		BA 2		BA 3		BA 4	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tulangan	350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm	
Dimensi	7.8 m		6 m		4 m		5.75 m	
Bentang	40 mm		40 mm		40 mm		40 mm	
Dekling	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Atas	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Tengah	2D25	4D25	2D25	4D25	2D25	4D25	2D25	4D25
Bawah	2D10-120	2D10-200	2D10-120	2D10-200	2D10-120	2D10-200	2D10-120	2D10-200
Sengkang	38.4		36		20		32.8	
Tu (KN)	JRD/JM30		JRD/JM30		JRD/JM24		JRD/JM30	
Tipe Jrd/JM								

### 4.3.3 Perencanaan Tangga

#### 4.3.3.1 Data – Data Perencanaan Tangga

- Tinggi Antar Lantai : 340 cm
- Lebar Tangga : 160 cm
- Tebal Pelat Tangga : 12 cm
- Elevasi Bordes : 170 cm
- Panjang Bordes : 150 cm
- Lebar Bordes : 260 cm
- Tebal Bordes : 12 cm
- Tinggi Injakan (t) : 17 cm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Jumlah Tanjakan : 10 buah
- Jumlah Injakan : 10-1 = 9 buah
- Panjang Horizontal Tangga: 300 cm
- Kemiringan Tangga :  $\text{arc tan } \alpha \frac{270}{300} = 29.53^\circ$
- Tebal Pelat rata-rata : Tebal Pelat tangga + tr

Denah dan potongan tangga yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar 4.17 dan 4.18.



Gambar 4. 17. Denah Tangga



Cek Syarat

- $60 \leq (2t+i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65$   
 $60 \leq 64 \leq 65$  (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $25^\circ \leq 29,53^\circ \leq 40^\circ$  (OK)
- Tebal Pelat anak tangga rata-rata  
 $\frac{i}{2} x \sin \alpha = 7.4 \text{ cm}$
- Tebal Pelat rata-rata  
 $Tr = 12 + 7.4 \approx 19.4 \text{ cm}$

### 4.3.3.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

#### a. Pembebanan Tangga

##### • Beban Mati

Pelat tangga	: $\frac{0.194 \times 2400 \times 1.6}{\cos 29.54} = 856.041 \text{ kg/m}$
Tegel	: $24 \times 1,6 = 38.4 \text{ kg/m}$
Spesi 2 cm	: $21 \times 1 \times 1,6 = 33.6 \text{ kg/m}$
Sandaran/railing	: $50 \text{ kg/m}$
qd	: $978.041 \text{ kg/m}$

##### • Beban hidup

ql	: $479 \times 1,6 = 766.4 \text{ kg/m}$
----	---

#### Kombinasi

q	: $1,2 \times qd + 1,6 \times ql$
q	: $2399.88 \text{ kg/m}$

#### b. Pembebanan Bordes

##### • Beban Mati

Pelat bordes	: $0,12 \times 2400 \times 1,5 = 460.8 \text{ kg/m}$
Spesi 2 cm	: $21 \times 1 \times 1,6 = 38.4 \text{ kg/m}$
Tegel	: $24 \times 1,5 = 33.6 \text{ kg/m}$
Sandaran/railing	: $50 \text{ kg/m}$
qd	: $582.8 \text{ kg/m}$

- **Beban Hidup**

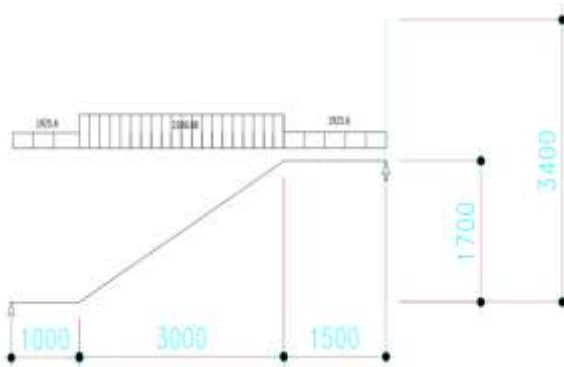
$$q_l : 479 \times 1,6 = 766.4 \text{ kg/m}$$

- **Kombinasi**

$$q = 1,2 q_d + 1,6 q_l = 1925.6 \text{ kg/m}$$

#### 4.3.3.3 Perhitungan Gaya pada Tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi-rol, dengan pembebanan tangga dan output seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4. 18. Permodelan Struktur Tangga

#### a. Perhitungan Reaksi pada Tangga

- $\sum M_a = 0$

$$R_d \cdot 5.5 - (q_{\text{bordes}} \cdot (4 + 1.5/2) \times 1.5) - (q_{\text{bordes}} \cdot (1/2) \times 1) - (q_{\text{tangga}} \cdot (3/2 + 1) \times 3) = 0$$

$$R_d = \frac{(1925.6 \left(\frac{1.5}{2} + 4\right) \times 1.5) + (1925.6 \times \frac{1}{2} \times 1) + (2399.88 \left(\frac{3}{2} + 1\right) \times 3)}{5.5} = 5943.159 \text{ kg}$$

$$\bullet \sum M_b = 0$$

$$R_a \cdot 5,5 - (q_{\text{bordes}} \cdot (4,5 + 1/2) \cdot x_1) - (q_{\text{bordes}} \cdot (1,5/2) \cdot x_1 \cdot 1,5) - (q_{\text{tangga}} \cdot (3/2 + 1,5) \cdot x_3) = 0$$

$$R_a = \frac{(1925,6 \left(\frac{1}{2} + 4,5\right) \cdot x_1 \cdot 1,5) + (1925,6 \cdot x \frac{1,5}{2} \cdot x_1 \cdot 1,5) + (2399,88 \left(\frac{3}{2} + 1,5\right) \cdot x_3)}{5,5}$$

$$= 6071,51 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol } \sum V = 0$$

$$(R_d + R_a) - (1,5 \times q_{\text{bordes}} + 1 \times q_{\text{bordes}} + 3 \times q_{\text{tangga}}) = 0$$

$$(5942,15 + 6071,51) - (12013,67) = 0 \text{ (OK)}$$

## b. Perhitungan Gaya dalam pada Tangga

### • Gaya Normal

- Pada Bordes ( $0 < X < 2$ ) dan ( $5 < X < 7$ )

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

- Pada Anak Tangga ( $1 < X < 4$ )

$$X = 1 \text{ m}$$

$$N_1 = - [R_A - q_2(X)] \sin \alpha$$

$$= - (6071,51 - (1925,6 \times 1)) \sin (29,54)$$

$$= -2043,986 \text{ kg}$$

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

$$N_2 = - [R_A - q_2(1)] \sin \alpha + q_1(X - 2) \sin \alpha$$

$$= -2043,986 + 2399,88 (3) \sin (29,54)$$

$$= 1505,54 \text{ kg}$$

### • Gaya Lintang

- Pada Bordes ( $0 < X < 1$ ) dan ( $4 < X < 5,5$ )

- ( $0 < X < 1$ )

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_1 = R_A$$

$$= 6071,51 \text{ kg}$$

$$X = 1 \text{ m}$$

$$D_2 = R_A - q_2 X$$

$$= 6071,51 - 1925,6 (1)$$

$$= 4145,91 \text{ kg}$$

$$(4 < X < 5,5)$$

$$X = 5.5 \text{ m}$$

$$D_2 = -R_D \\ = -5942.15 \text{ kg}$$

$$X = 1 \text{ m}$$

$$D_1 = R_D - q_2 X \\ = -5942.15 + 1925.6 (1.5) \\ = -35053.75 \text{ kg}$$

- Pada Anak Tangga ( $1 < X < 4$ )

$$X = 1 \text{ m}$$

$$D_1 = [R_A - q_2 (X)] \cos \alpha \\ = (6071.51 - 2399.88) \cos (29.54) \\ = 3607.034 \text{ kg}$$

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

$$D_2 = [R_A - q_2 (2)] \cos \alpha - q_1 (X - 1) \cos \alpha \\ = 3607.034 - 2399.88 (3) \cos (29.54) \\ = -2656.838 \text{ kg}$$

- Gaya Momen

- Pada Bordes ( $0 < X < 1$ ) dan ( $4 < X < 5.5$ )

$$(0 < X < 1)$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_1 = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 1 \text{ m}$$

$$M_2 = R_A X - 0.5 q_2 X^2 \\ = 6071.51 (1) - 0.5 (1925.6) 1^2 \\ = 5108.71 \text{ kgm}$$

$$(4 < X < 5.5)$$

$$X = 5.5 \text{ m}$$

$$M_{5.5} = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 1 \text{ m}$$

$$M_4 = R_D X - 0.5 q_2 X^2 \\ = 5942.15 (1.5) - 0.5 (1925.6) 1.5^2 \\ = 6746.938 \text{ kgm}$$

- Pada Anak Tangga ( $1 < X < 4$ )

$$M_x = R_A (1 + X_x) - q_2 (2)(X_x + 1/2) - 0.5 q_1 X_x^2$$

$$X = 1 \text{ m} ; X_x = 0$$

$$M_1 = 5108.71 \text{ kg.m}$$

$$X = 4 \text{ m} ; X_x = 3$$

$$M_2 = 6746.938 \text{ kg.m}$$

Momen Maksimum

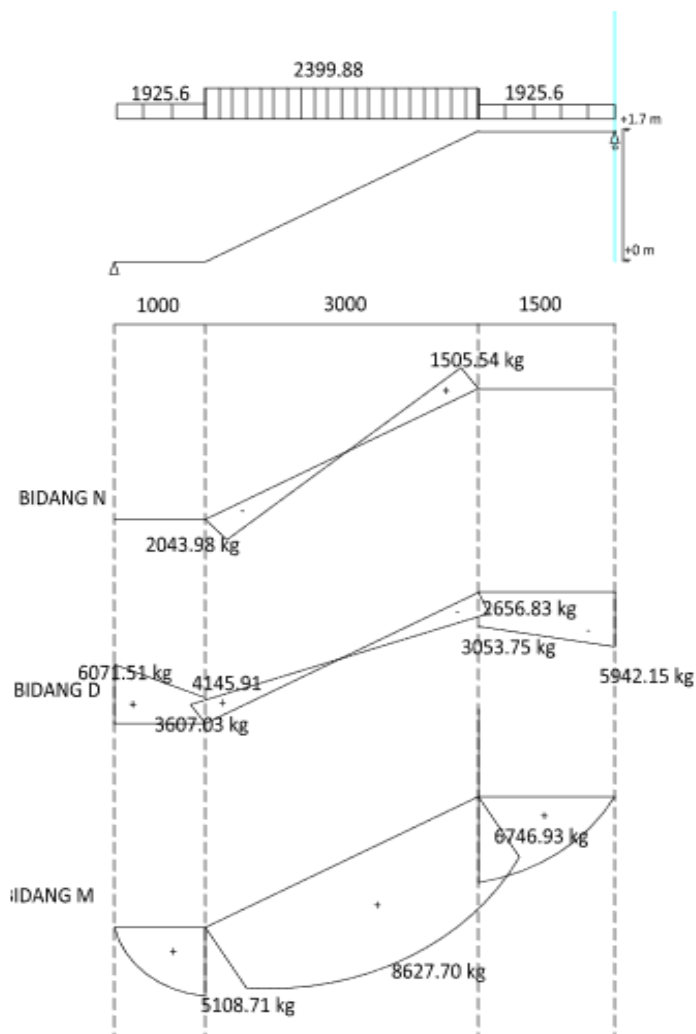
$$M_{\max} = R_A (1 + X_x) - q_2 (2)(X_x + 1/2) - 0.5 q_1 X_x^2$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$X_x = 1.5 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 8627.701 \text{ kg.m}$$

Hasil perhitungan gaya gaya dalam tangga bisa dilihat pada diagram M,N, dan D pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Diagram Gaya Dalam Tangga

#### 4.3.3.4 Perhitungan Tulangan Tangga

- Pelat Anak Tangga

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

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

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

$$\begin{aligned} d_x &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D/2) \\ &= 120 - 20 - (16/2) \\ &= 92 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

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

- Tulangan Longitudinal

$$M_u = 86277010.2 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{86277010.2}{0.90 \times 1600 \times 92^2} \\ &= 7.07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 7.07}{420}} \right) \\ &= 0.015 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.015 > \rho_{\min}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 0.015 \times 1750 \times 142 \\
 &= 3668.8 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 340 \text{ mm} \\
 s &= b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}} \\
 &= 1750 \frac{0.25 \pi 16^2}{3668.8} \\
 &= 105.91 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 29.60 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{29.60}{0.80} \\
 &= 37.00 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.0085 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan longitudinal D16-100 mm

- Tulangan Bagi

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ bagi}} &= 0.2 A_{s \text{ perlu}} \\
 &= 733.76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 340 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}} \\
 &= 1750 \frac{0.25 \pi 10^2}{733.76} \\
 &= 207.32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

∴ Maka digunakan tulangan bagi D10-200 mm

- Tulangan Susut

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

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



$$\begin{aligned}
 &= 0.018 \times 1750 \times 142 \\
 &= 447.3 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 340 \text{ mm} \\
 s &= b \frac{A_{\text{stulangan}}}{A_{\text{spertu}}} \\
 &= 1750 \frac{0.25 \pi 10^2}{447.3} \\
 &= 307.28 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm} \\
 &\therefore \text{Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm}
 \end{aligned}$$

- Pelat Bordes

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

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

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

$$\begin{aligned}
 d_x &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D/2) \\
 &= 120 - 20 - (16/2) \\
 &= 92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

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

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

- Tulangan Longitudinal

$$M_u = 6746.93 \text{ kg.m} = 67469300 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{67469300}{0.90 \cdot 1600 \cdot 92^2} \\
 &= 5.53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 5.53}{420}} \right) \\
 &= 0.014
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.014 > \rho_{\text{min}} \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.014 \times 1600 \times 92 \\
 &= 2163.40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= b \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= 1600 \frac{0.25 \pi 16^2}{2163.40} \\
 &= 148.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 120 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 23.08 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{23.08}{0.80} \\
 &= 28.86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.012 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan longitudinal D16-100 mm

- Tulangan Bagi

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ bagi} &= 0.2 A_s \text{ perlu} \\
 &= 432.68 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 340 \text{ mm} \\
 s &= b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}} \\
 &= 1600 \frac{0.25 \pi 10^2}{432.68} \\
 &= 290 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan bagi D10-250 mm

- Tulangan Susut

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0018 \\
 A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1600 \times 92 \\
 &= 264.96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 240 \text{ mm} \\
 s &= b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}} \\
 &= 1600 \frac{0.25 \pi 10^2}{264.96} \\
 &= 474.27 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm

#### 4.3.3.5 Rekapitulasi Tulangan Tangga

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga. Untuk detail gambar dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Bagian	Nama Struktur	Tulangan		
		Lentur	Bagi	Susut
Tangga (3.4 m)	Pelat Tangga	D16 - 100 mm	D10 - 200 mm	D10 - 300 mm
	Pelat Bordes	D16 - 120 mm	D10 - 250 mm	D10 - 300 mm

#### 4.3.4 Perencanaan Balok Lift

Balok *lift* yang direncanakan merupakan balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* dan beban yang terjadi pada *lift* yang terdiri dari balok penggantung dan balok penumpu *lift*.

##### 4.3.4.1 Spesifikasi lift

*Lift* yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *lift* yang diproduksi oleh sigma elevator company dengan data sebagai berikut:

Tipe lift	= General type simplex (standard)
Merek	= Sigma
Kapasitas	= 17 orang (1150 kg)
Lebar pintu	= 1100 mm
<i>Car size</i>	= 2000x1350 mm <sup>2</sup>
<i>Hostway size</i>	= 2550x2050 mm <sup>2</sup>
Beban reaksi ruang mesin	
R1 = 8000 kg,	R2 = 5200 kg

##### 4.3.4.2 Perencanaan balok penggantung lift

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 500x200x11x19 dengan BJ 41, dengan data sebagai berikut:

W = 103 kg/m	r = 20 mm	h = d-2(t <sub>f</sub> +r)
A = 131,3 cm <sup>2</sup>	Z <sub>x</sub> = 2462 cm <sup>3</sup>	= 428 mm
d = 506 mm	Z <sub>y</sub> = 398 cm <sup>3</sup>	S <sub>x</sub> = 2230 cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub> = 201 mm	i <sub>x</sub> = 20,7 cm	S <sub>y</sub> = 257 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub> = 11 mm	i <sub>y</sub> = 4,43 cm	F <sub>y</sub> = 250 Mpa
t <sub>f</sub> = 19 mm	I <sub>x</sub> = 56500 cm <sup>4</sup>	f <sub>u</sub> = 410 Mpa
	I <sub>y</sub> = 2580 cm <sup>4</sup>	E = 200000 Mpa

#### 1. Perhitungan pembebanan

- Beban merata
- Beban mati

Berat profil balok penggantung *lift* = 103 kg/m

Berat sambungan (10%) = 10,3 kg/m+

$$\text{Total } (q_D) = 113,3 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor

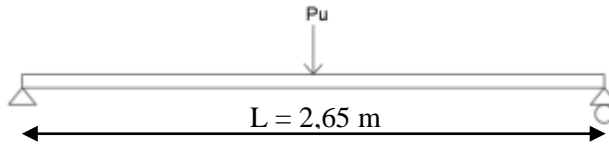
$$q_U = 1,4q_D = 1,4 \times 113,3 = 158,62 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$P_{U1} = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 8000 (1+0.5) = 12000 \text{ kg}$$

$$P_{U2} = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 5200 (1+0.5) = 7800 \text{ kg}$$



Gambar 4.10 Pembebanan Balok Penggantung Lift

2. Gaya dalam pada balok penggantung

- Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} x q_U x L^2 + \frac{1}{4} x P_u x L =$$

$$M_u = \frac{1}{8} x 113,3 x 2,65^2 + \frac{1}{4} x 12000 x 2,65$$

$$= 8089,24 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} x q_U x L + \frac{1}{2} x P_u =$$

$$V_u = \frac{1}{2} x 113,3 x 2,65 + \frac{1}{2} x 12000 = 6210,17 \text{ kg}$$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{201}{38} = 5,28$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{11} = 38,9$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 2462 \times 2500 = 6155000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$808.924 \text{ kgcm} \leq 0.9 \times 6.155.000 \text{ kgcm}$$

$$808.924 \text{ kgcm} \leq 5.539.500 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 265 \text{ cm}$$

$$L_p = 220,527 \text{ cm}$$

$$L_r = 694,296 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r$  (Bentang Menengah)

$$M_{maks} = 8089,24 \text{ kgm}$$

$$M_A = 4079,43 \text{ kgm}$$

$$M_B = 8089,24 \text{ kgm}$$

$$M_C = 4079,43 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 8089,24}{2,5 \times 8089,24 + 3 \times 4079,43 + 4 \times 8089,24 + 3 \times 4079,43}$$

$$= 1.31 \leq 2.3$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1.31 \left[ 5.539.500 - (5.539.500 - 0,7 \times 2500 \times 2230) \left( \frac{265 - 220,527}{694,296 - 220,527} \right) \right] < 5.539.500$$

$7.799.272 \text{ kgcm} \geq 5.539.500 \text{ kgcm}$  (Tidak OK), maka

$M_n = M_p$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$808.924 \text{ kgcm} \leq 0.9 \times 6.155.000 \text{ kgcm}$$

$$808.924 \text{ kgcm} \leq 5.539.500 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{11} = 38,9$$

$$\lambda p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 42,8 \times 1,1 \times 1 \\ &= 70620 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 V_n$$

$$6210,17 \text{ 3 kg} \leq 70620 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 265 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{265}{360} = 0,736 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[ \frac{23PL^3}{648 \cdot E \cdot I_x} \right] =$$

$$= \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(1,13) \cdot 265^4}{2000000 \cdot 56500} \right] + \left[ \frac{23 \cdot 12000 \cdot 265^3}{648 \cdot 2000000 \cdot 56500} \right] = 0,0708 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,0708 \text{ cm} < 0,736 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

## **4.4 Perencanaan Struktur Primer**

### **4.4.1 Umum**

Struktur primer atau struktur utama merupakan struktur yang menahan seluruh kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi maupun beban lateral seperti gempa dan angin. Komponen struktur primer yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah balok induk, kolom, dan dinding geser atau *shear wall*. Berikut merupakan perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan untuk masing-masing komponen struktur primer tersebut.

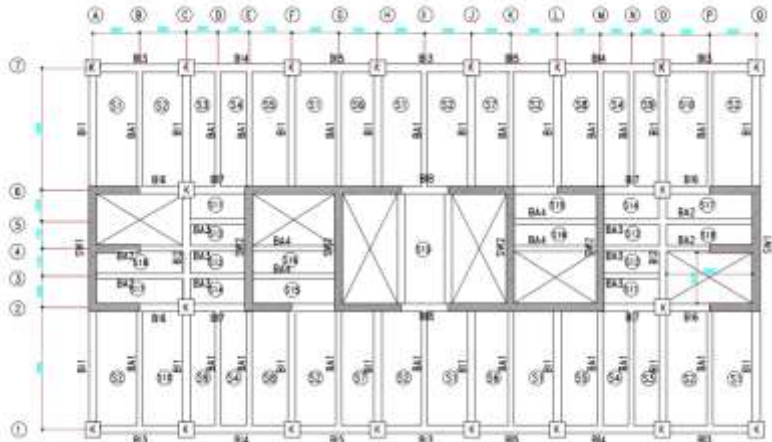
### **4.4.2 Perencanaan Balok Induk**

Gedung Apartemen Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon akan direncanakan sesuai dengan perhitungan dimensi pada preliminary desain, yaitu:

- BI 1 dimensi 50/70 cm dengan bentang 7.80 m
- BI 2 dimensi 50/70 cm dengan bentang 7.50 m
- BI 3 dimensi 50/70 cm dengan bentang 6.0 m
- BI 4 dimensi 50/70 cm dengan bentang 6.750 m
- BI 5 dimensi 50/70 cm dengan bentang 5.50 m
- BI 6 dimensi 50/70 cm dengan bentang 3.0 m
- BI 7 dimensi 50/70 cm dengan bentang 4.0 m

Dalam perencanaan balok induk dihitung dalam 3 kondisi, yaitu setelah komposit, sebelum komposit, dan saat pengangkatan. Dari ketiga kondisi tersebut, diambil perhitungan penulangan yang paling kritis untuk kebutuhan tulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung balok BI 1.





Gambar 4. 20 Denah Balok Induk

#### 4.4.2.1 Data Perencanaan Balok Induk

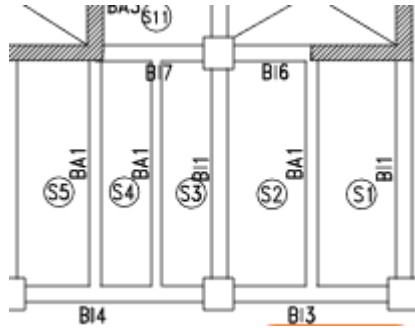
Berikut merupakan data perencanaan balok induk BI 3 pada gedung Apartemen Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon:

- Dimensi Komposit = 50x70 cm
- Dimensi *Half Beam* = 50 x56 cm
- *Overtopping* = 14 cm
- $f'_c$  = 35 MPa
- $f_y$  = 420 MPa
- L = 6 m
- Tulangan Longitudinal = 25 mm
- Tulangan Transversal = 13 mm
- *Clear Cover* = 50 mm

#### 4.4.2.2 Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok induk adalah berat sendiri balok induk tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya) serta berat dari balok anak sendiri yang menumpu pada balok induknya.

Distribusi beban pada balok induk tipe 1 ini untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Distribusi Beban pada Balok Induk

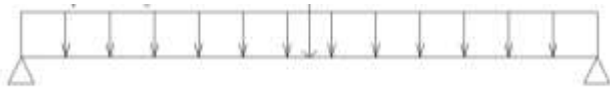
- Sebelum Komposit
- Beban Mati Merata
 

Berat Sendiri Balok	= $2400 \times 0.50 \times 0.56$	=	672 kg/m
Berat <i>Overtopping</i>	= $2400 \times 0.50 \times 0.14$	=	168 kg/m
$q_D$		=	840 kg/m
- Beban Mati Terpusat
 

Berat Pelat	= $336 \times 3 \times 7.8$	=	7862.4 kg/m
Berat Balok Anak	= $2400 \times 0.35 \times 0.5 \times 7.8$	=	3276 kg/m
$P_D$		=	11138.4 kg/m
- Kombinasi Beban Merata
 

$q_u$	= $1.4 \times 840$	=	1176 kg/m
-------	--------------------	---	-----------
- Kombinasi Beban Terpusat
 

$P_u$	= $1.4 \times 11138.4$	=	15593.76 kg
-------	------------------------	---	-------------



Gambar 4. 22 Kombinasi Beban

- Saat Pengangkatan

- Beban Mati

$$\text{Berat Sendiri Balok} = 2400 \times 0.5 \times 0.56 = 672 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi Beban

$$q = 1.4 \times 672 = 940.8 \text{ kg/m}$$

#### 4.4.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Induk

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

$$\begin{aligned} \rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= 0.25 \frac{\sqrt{35}}{420} \\ &= 0.0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{420} \\ &= 0.0033 \end{aligned}$$

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

#### Setelah Komposit

Dari hasil analisa Struktur didapat nilai Momen pada Balok sesuai dengan Tabel

Tabel 4. 22 Tabel Output Momen dari Etabs

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (Kn-m)
1	Ujung interior kanan (negatif)	kanan	-222.286
2	Ujung Interior Kiri (negatif)	kiri	-222.286

3	Ujung Interior -Ki (ke tengah)	kanan	84.28
4	Ujung Interior -Ka (ke tengah)	kiri	84.28
5	Tengah Bentang	kanan dan kiri	85.1772

### Perhitungan Kebutuhan Tulangan Balok

#### Kondisi 1

Kolom kanan, momen negatif tumpuan, goyang ke kanan

$M_u = 222.286 \text{ kN.m}$

a.) Baja tulangan yang dibutuhkan untuk tulangan lentur

Diasumsikan perilaku balok persegi dan ada dua lapis tulangan. Sebagai penyederhanaan (yang bersifat konservatif), tulangan tekan (jika ada) dapat diabaikan untuk perhitungan lentur. Diameter tulangan lentur balok harus dibatasi sehingga dimensi tumpuan (kolom) paralel terhadap tulangan sekurang-kurangnya 20db.

Tinggi efektif balok,  $d$  dengan tulangan D19

$$= 700 - 50 - 13 - 19/2$$

$$= 618 \text{ mm}$$

Asumsi awal:

$$J = 0,85 \text{ (koef. Lengan momen)}$$

$$\phi = 0,9 \text{ (faktor reduksi lentur)}$$

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

$$= 0,8$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \times j d} = \frac{222286000}{0,9 \times 420 \times 0,85 \times 618}$$

$$= 1119,47 \text{ mm}^2$$

Dicoba 3 D25,  $A_s = 1472,6 \text{ mm}^2$

Jika spasi bersih antar tulangan adalah 149,5 mm maka,

$$\text{Nilai } d \text{ baru} = 700 - (50 + 13 + 25/2) = 624,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi } a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$= \frac{3925 \times 420}{0,85 \times 35 \times 500} = 41.57 \text{ mm}$$

a. Cek Nominal Actual

$$\begin{aligned} 0.9Mn &= \frac{As \cdot fy}{d - 0,5a} \\ &= \frac{0,9 \times 1472,6 \times 420}{624,5 - 0,5 \times 41,57} = 336.055 \text{ kNm} > Mu \text{ (ok)} \end{aligned}$$

b. Cek As minimum

$$\begin{aligned} As \text{ min} &= \sqrt{f'c} \frac{bw \times d}{4fy} = \sqrt{35} \frac{420 \times 624,5}{4 \times 420} \\ &= 1099,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tapi tidak boleh kurang dari } \frac{1,4 bw \times d}{fy} = 1040,83 \text{ mm}^2$$

(OK) syarat tulangan minimum terpenuhi

c. Cek ratio tulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{As}{bw \times d} = 0,0047 \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc}{fy} \left( \frac{600}{600 + fy} \right) \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,033 \end{aligned}$$

$$0,75 \rho_b = 0,025$$

Batas tulangan maksimum SNI pasal 21.5.2.1 adalah 0,025

(OK)  $\rho < \rho_b$  dan  $\rho < 0,025$  syarat tulangan maksimum terpenuhi

d.) cek apakah penampang *tension controlled*

$$dt = 700 - (25/2 + 13 + 50)$$

$$dt = 624,5 \text{ mm}$$

$$a/dt = \frac{41,57}{624,5} = 0,0665$$

$$atcl/dt = 0,375 \beta_1$$

$$= 0,3$$

$a/dt < atcl/dt$ , deasin tulangan *under-reinforced*

Digunakan 3 D25 dipasang spasi bersih 140 mm (>25mm)

**Kondisi 2**, kolom kiri, momen negatif tumpuan goyang ke kiri  
Kebutuhan detailing penampang sama dengan kondisi 1 yaitu digunakan 3 D25 dipasang 1 lapis

**Kondisi 3**, kolom kiri, momen positif tumpuan, goyang ke kanan  
SNI ps. 21.5.2.2 kuat lentur (+) muka kolom tidak lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  kuat lentur (-)

$$\begin{aligned} Mu &= 0,5 \times 0,9 Mn \\ &= 0,5 \times 336.055 \text{ kNm} \\ &= 168.027 \text{ kNm} \\ 168.027 &> 84 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jadi digunakan momen hasil perhitungan kapasitas penampang  
Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan lentur

sebagai trial awal digunakan baja D19

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif balok, } d &\text{ dengan tulangan D19} \\ &= 700 - 50 - 13 - 19/2 \\ &= 618 \text{ mm} \end{aligned}$$

Asumsi awal:

$$J = 0.85 \text{ (koef. Lengan momen)}$$

$$\begin{aligned} As &= \frac{Mu}{\phi f_y x j d} = \frac{168027000}{0.9 \times 420 \times 0.85 \times 618} \\ &= 846.217 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba 3 D25,  $As = 1472.6 \text{ mm}^2$

Jika spasi bersih antar tulangan adalah 149.5 mm maka,

$$\text{Nilai } d \text{ baru} = 700 - (50 + 13 + 25/2) = 624.5 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi } a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$= \frac{3925 \times 420}{0.85 \times 35 \times 500} = 41.57 \text{ mm}$$

a. Cek Nominal Actual

$$0.9 Mn = \frac{As \cdot f_y}{d - 0.5a}$$

$$= \frac{0.9 \times 1472.6 \times 420}{624.5 - 0.5 \times 41.57} = 336.055 \text{ kNm} > Mu \text{ (ok)}$$

## b. Cek As minimum

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \sqrt{f'c} \frac{bw \times d}{4fy} = \sqrt{35} \frac{420 \times 624.5}{4 \times 420} \\ &= 1099.58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tapi tidak boleh kurang dari } \frac{1.4 bw \times d}{fy} = 1040.83 \text{ mm}^2$$

(OK) syarat tulangan minimum terpenuhi

## c. Cek ratio tulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{As}{bw \times d} = 0.0047 \\ \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{fy} \left( \frac{600}{600 + fy} \right) \\ \rho_b &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.033 \\ 0.75 \rho_b &= 0.025 \end{aligned}$$

Batas tulangan maksimum SNI pasal 21.5.2.1 adalah 0,025

(OK)  $\rho < \rho_b$  dan  $\rho < 0,025$  syarat tulangan maksimum terpenuhi

d. cek apakah penampang *tension controlled*

$$\begin{aligned} dt &= 700 - (25/2 + 13 + 50) \\ dt &= 624,5 \text{ mm} \\ a/dt &= \frac{41.57}{624,5} = 0.0665 \\ atcl/dt &= 0,375 \beta_1 \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

$a/dt < atcl/dt$ , desain tulangan *under-reinforced*

Digunakan 3 D25 dipasang spasi bersih 140 mm (>25mm)

**Kondisi 4**, kolom kanan, momen positif tumpuan, goyang ke kiri  
Kebutuhan detailing penampang sama dengan kondisi 3 yaitu digunakan 3 D25 dipasang 1 lapis

**Kondisi 5**, tengah bentang, momen positif, goyang ke kanan dan ke kiri. SNI beton pasal 21.5.2.2 juga mensyaratkan kuat lentur positif atau negatif di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kuat lentur terbesar di muka kolom

$$Mu = 85 \text{ kNm} > \frac{1}{4} \phi Mn \text{ terbesar}$$

$$= 85.117 \text{ kNm} > \frac{1}{4} \times 336.055 \text{ kNm}$$

(gunakan momen lentur hasil hitungan analisa struktur)

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan lentur sebagai trial awal digunakan baja D19

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif balok, } d \text{ dengan tulangan D19} \\ &= 700 - 50 - 13 - 19/2 \\ &= 618 \text{ mm} \end{aligned}$$

Asumsi awal:

$$J = 0,85 \text{ (koef. Lengan momen)}$$

$$\phi = 0,9 \text{ (faktor reduksi lentur)}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(F'c - 28)}{7} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mu}{\phi f_y x j d} = \frac{21600000}{0,9 \times 400 \times 0,85 \times 634,5} \\ &= 1112 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba 3 D25,  $A_s = 1472.6 \text{ mm}^2$

Jika spasi bersih antar tulangan adalah 149.5 mm maka,

$$\text{Nilai } d \text{ baru} = 700 - (50 + 13 + 25/2) = 624.5 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi } a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$= \frac{3925 \times 420}{0,85 \times 35 \times 500} = 41.57 \text{ mm}$$

a. Cek Nominal Actual

$$0.9Mn = \frac{A_s \cdot f_y}{d - 0,5a}$$

$$= \frac{0,9 \times 1472,6 \times 420}{624,5 - 0,5 \times 41,57} = 336.055 \text{ kNm} > Mu \text{ (ok)}$$

b. Cek  $A_s$  minimum

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \sqrt{f'c} \frac{bw \times d}{4f_y} = \sqrt{35} \frac{420 \times 624,5}{4 \times 420} \\ &= 1099.58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Tapi tidak boleh kurang dari  $\frac{1,4 bw x d}{f_y} = 1040.83 \text{ mm}^2$   
 syarat tulangan minimum terpenuhi

c. Cek ratio tulangan

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{bw \times d} = 0.0047 \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35 \left( \frac{600}{600 + 420} \right)}{420} = 0,033 \\ 0,75 \rho_b &= 0,025\end{aligned}$$

Batas tulangan maksimum SNI pasal 21.5.2.1 adalah 0,025  
 (OK)  $\rho < \rho_b$  dan  $\rho < 0,025$  syarat tulangan maksimum terpenuhi

d. cek apakah penampang *tension controlled*

$$\begin{aligned}dt &= 700 - (25/2 + 13 + 50) \\ dt &= 624,5 \text{ mm} \\ a/dt &= \frac{41.57}{624,5} = 0.0665 \\ atcl/dt &= 0,375 \beta_1 \\ &= 0,3 \\ a/dt &< atcl/dt, \text{ deasin tulangan } \textit{under-reinforced}\end{aligned}$$

Digunakan 3 D25 dipasang spasi bersih 140 mm (>25mm)

## Penulangan Geser

### Hitung Mpr

a.) kapasitas momen ujung ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

karena detailing panampang di kedua ujung balok identik maka,  
 Kondisi 1 = kondisi 2

$$\begin{aligned}A_{pr} &= \frac{(A_{spelat} + A_s \text{ balok}) \cdot f_y \cdot 1,25}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{(1472.622) \cdot 500 \cdot 1,25}{0,85 \cdot 35 \cdot 420} = 51.97 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{pr1} &= (A_s \times 1,25f_y) (d - a/2) \\ &= 462.725 \text{ kNm}\end{aligned}$$

(Searah jarum jam di muka kolom kanan)

Kondisi 3 = kondisi 4

$$\begin{aligned} A_{pr} &= \frac{(A_s) \cdot f_y \cdot 1,25}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{(14722,622) \cdot 500 \cdot 1,25}{0,85 \cdot 35 \cdot 420} = 51,97 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr3} &= (A_s \times 1,25 f_y) (d - a/2) \\ &= 462,725 \text{ kNm} \end{aligned}$$

(Searah jarum jam di muka kolom kiri)

Diagram geser  $V_u = 349 \text{ kN}$

a.) Struktur bergoyang ke kanan

$$\begin{aligned} V_{ka} &= (M_{pr1} + M_{pr3}) / l_n \\ &= (462,725 + 462,725) / 6 \\ &= 154 \text{ kN} \end{aligned}$$

b.) Struktur bergoyang ke kiri

$$\begin{aligned} V_{ka} &= (M_{pr2} + M_{pr4}) / l_n \\ &= (462,725 + 462,725) / 6 \\ &= 154 \text{ kN} \end{aligned}$$

total reaksi geser di ujung kanan balok =  $V_u + 154 = 309,36 \text{ kN}$

total reaksi geser di ujung kiri balok =  $V_u - 154 = 0,875 \text{ kN}$

SNI ps.21.5.4.2 gaya geser aksial terfaktor :

$$\begin{aligned} A_g \times f_c' / 20 &= 500 \times 700 \times 35 / 20 \\ &= 612,5 \text{ kN} > 1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{sway} &= 309,36 \text{ kN} > (1/2 V_u) \\ &= 309,36 > 77,5 \end{aligned}$$

maka perencanaan tulangan geser dengan tidak mempertimbangkan kontribusi beton  $V_c$

**Muka kolom kiri**

$$V_u \text{ maks} = 309,36 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 500 \times 624,5 \\ &= 307,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

0,75 (faktor reduksi beban torsi)

$$V_s = V_u / 0,75 - V_c$$

$$\begin{aligned}
 &= 412.47 \text{ kN} \\
 V_s \text{ maks} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{35} \times 500 \times 624.5 \\
 &= 1231.53 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$V_s < V_s \text{ maks}$  (OK)

Coba sengkang D13 dua kaki

$$A_v = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$S = A_v \times f_y \times d / V_s$$

$$S = 168.80 \text{ mm} \text{ (Dipakai } 150 \text{ mm)}$$

SNI 21.5.3.1 diperlukan hoops di sepanjang 2h (1400 mm) dari muka kolom

SNI 21.5.3.2 hoop pertama dipasang 50 mm

berikutnya dipasang spasi terkecil diantara:

$$d/4 = 150,5 \text{ mm}$$

$$6d_b = 150 \text{ mm}$$

150mm

Tetapi tidak perlu kurang dari 100 mm, dengan demikian maka digunakan sengkang tertutup **D13 2 kaki** dengan jarak **150 mm** pada daerah sendi plastis.

$$S \text{ maks} = d/2$$

$$= 301 \text{ mm}$$

### **Muka kolom kanan**

Sama dengan muka kolom kiri digunakan sengkang tertutup **D13 2 kaki** dengan jarak **150 mm**

### **Lap splicing untuk bentang menerus**

SNI 21.5.2.1 setidaknya ada 2 baja tulangan yang di buat kontiu di bagian atas dan bawah penampang

### **Panjang penyaluran tulangan**

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 panjang penyaluran ldh untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah

$$L_{dh} > 8d_b = 200 \text{ mm}$$

$$L_{dh} > 150 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$L_{dh} > 0,24 \times f_y \times d_b / \sqrt{f_c} = 405 \text{ mm}$$

$$\text{Maka dipakai } L_{dh} = 410 \text{ mm}$$

$$\text{Dengan panjang kait } 12d_b = 300 \text{ mm}$$

### Sebelum Komposit

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok Induk, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan dimana nilai  $f_c$  beton saat pengecoran (sebelum komposit) adalah kuat tekan beton pada umur 14 hari yaitu sebesar  $0.88 \times 35 = 30.8$  Mpa , sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{30.8}}{420} = 0.0033$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \quad (\text{menentukan})$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \quad (\text{SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(30.8 - 28)}{7} = 0.83$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2)})$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.83 \times 30.8}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.03$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \quad (\text{menentukan}) \quad (\text{SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3)})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.0333 = 0.023 \quad (\text{menentukan})$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 30.8} = 16.04$$

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \emptyset_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\ &= 560 - 50 - 13 - 0.5(25) \\ &= 484.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada balok induk sebelum balok induk komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok induk adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

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

$$\begin{aligned}
 M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L \\
 &= \frac{1}{8} (1176)(6)^2 + \frac{1}{4} (15593.76)(6) \\
 &= 28682 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 0.5 (q_u L + P_u) \\
 &= 0.5 ((1176)(6) + 15593.76) \\
 &= 11324.88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.0033 \times 500 \times 484.5 \\
 &= 847.875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{847.875}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 274 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 500 \times 484.5 \\
 &= 847.875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{847.875}{0.25\pi(25)^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 324 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S_{\text{hasil}} > S_{\min}$  (OK) namun nilai  $S$  diharapkan  $< 300$  untuk itu perlu ditambahkan 1 tulangan

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 3D25

- Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{28682.595 \times 10^4}{0.90 (500) (484.5)^2} \\
 &= 2.71 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.04} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.04 \times 2.71}{420}} \right) \\
 &= 0.0067 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0068 > \rho_{\min} \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0068 \times 500 \times 484.5 \\
 &= 1653 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{1653.62}{0.25 \pi (25)^2} \\
 &= 4 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 4(25) - 2(50) - 2(13)}{4 - 1} \\
 &= 91.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 69.30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{69.30}{0.80} \\
 &= 86.62 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 0.014 > 0.005 \text{ (OK)}$$

**∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 4D25**

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0.5 M_u \text{ positif lapangan} \\
 &= 0.5 \times 28682.595 \text{ kgm} \\
 &= 14341.29
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{14341.29 \times 10^4}{0.90 (500) (484.5)^2} \\
 &= 1.357
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.04} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.04 \times 1.357}{420}} \right) \\
 &= 0.0033
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0033 < \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 500 \times 484.5 \\
 &= 847.875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n \text{ pakai} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{847.875}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 274 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 34.65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{34.65}{0.80} \\
 &= 43.31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 0.03 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

- Tulangan Geser

$$V_u = 11324.88 \text{ kg} = 113245 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 243638.955 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 146,183.37 \text{ N}$$

$$0.5\phi V_c = 73,091.69 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \min} &= 0.062 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 88856.56 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi (V_c + V_{s \min}) = 249371.636 \text{ N}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{memenuhi}$$



Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser minimum dalam perencanaan balok induk ini.

$$\begin{aligned} S_{\max 1} &= \frac{d}{4} \\ &= \frac{484.5}{4} \\ &= 121.125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\max 2} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\ &= 6 (25) \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max 3} = 150 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 120 \text{ mm}$$

$$D_{\text{sengkang}} = 13 \text{ mm}$$

$$f_{y \text{ sengkang}} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Sengkang} = 2 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min} 1} &= 0.062 \sqrt{f_c'} \frac{bs}{f_y} \\ &= 41.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min} 2} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{sengkang}}^2 \\ &= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\ &= 265.46 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{265.46 \times 420 \times 484.5}{120} \\ &= 450,161.56 \text{ N} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan D13-120 mm

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} \\ &= \frac{484.5}{2} \\ &= 242.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

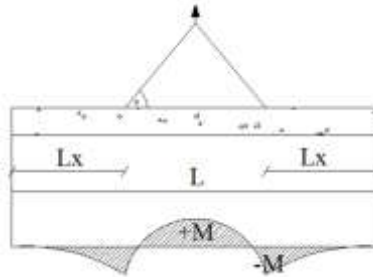
$$S_{\text{pakai}} = 240 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser lapangan D13-240 mm

- Saat Pengangkatan

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - D_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\
 &= 560 - 50 - 13 - 0.5(25) \\
 &= 484.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan 2 titik angkat dengan lokasi titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok induk.



Gambar 4. 23 Titik Angkat Balok Induk

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{8}$$

$$\begin{aligned}
 y_t &= \frac{h}{2} \\
 &= \frac{56}{2} \\
 &= 28 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} bh^3 \\
 &= \frac{1}{12} 40(56)^3 \\
 &= 585,387 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_c &= y_t + 5 \\
 &= 28 + 5 \\
 &= 33 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\begin{aligned}
 L &= 7.8 \text{ m} \\
 X &= \frac{1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left( 1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)} \\
 &= 0.23642 \text{ m} \\
 LX &= 7.8 (0.23642) \\
 &= 1.84 \text{ m} \\
 W &= 752.64 \text{ kg/m} \\
 +M &= 1279.67 \text{ kgm} \\
 -M &= 1279.67 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\min}$ .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0033 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0033 \times 500 \times 484.5 \\
 &= 799.43 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ pakai} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{799.43}{0.25 \pi (25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &> S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

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

$$\begin{aligned}
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 484.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ pakai} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{st\text{ulangan}}} \\
 &= \frac{356.55}{\frac{0.25\pi(25)^2}{4}} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

#### - Tulangan Positif Lapangan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\text{min}}$ .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 500 \times 484.5 \\
 &= 799.43 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ pakai} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{st\text{ulangan}}} \\
 &= \frac{799.43}{\frac{0.25\pi(25)^2}{4}} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{500-2(25)-2(50)-2(13)}{2-1}$$

$$= 324 \text{ mm}$$

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

Tetapi  $S$  diharapkan  $< 300$ , untuk itu perlu ditambah 1 tulangan lagi

$\therefore$  Maka digunakan tulangan positif lapangan 3D25

- Tulangan Negatif Lapangan

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

$$= 0.0035$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0035 \times 400 \times 484.5$$

$$= 356.55 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}}$$

$$= \frac{356.55}{\frac{0.25\pi(25)^2}{4}}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} = \frac{b-n_{\text{pakai}}D_{\text{tulangan}}-2\text{clearcover}-2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}}-1}$$

$$= \frac{500-2(25)-2(50)-2(13)}{2-1}$$

$$= 324 \text{ mm}$$

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

$\therefore$  Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

#### 4.4.3.4 Pengangkatan Balok Induk

Sebelum melakukan instalasi balok induk, balok induk terlebih dahulu mengalami proses pengangkatan menuju titik lokasi pemasangan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan tulangan angkat untuk balok induk seperti pada balok anak yang telah dibahas pada subbab **Error! Reference source not found.** sebelumnya. Untuk pengangkatan balok induk pada tugas akhir ini

direncanakan dengan menggunakan dua titik angkat tanpa bantuan *spreader beam*.

- Perhitungan Tulangan Angkat

Faktor Kejut (K) = 1.2

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.56 (0.5) (7.8) (2400) \\ &= 5241.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= K \times 1.4DL \\ &= 1.2 (1.4)(5241.6) \\ &= 8805.88 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya Angkat ( $T_u$ ):

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{q}{2(\cos 45)} \\ &= \frac{8805.88}{2\cos(45)} \\ &= 6226.70 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Angkat

$$\sigma_{\text{balok}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{SF} \\ &= \frac{0.7\sqrt{35}}{1.5} \\ &= 2.76 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{6}b(h_{\text{pracetak}})^2 \\ &= \frac{1}{6}50(56)^2 \\ &= 26133.33 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

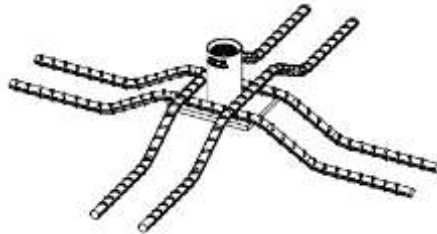
$$\begin{aligned} \sigma_{\text{balok}} &= \frac{M_u}{Z} \\ &= \frac{1,279.67 \times 10^4}{8405 \times 10^3} \\ &= 0.61 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{balok}} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}$$

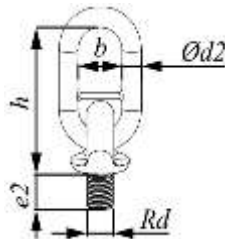
- Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah

Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 63 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 4. 24 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 4. 25 Kait JL

#### 4.4.2.1 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Rekapitulasi tulangan balok induk bisa dilihat pada tabel 4.23 dan tabel 4.24 .

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (1)

Tipe Balok	B1 1		B1 2		B1 3		B1 4	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	500 mm x 700 mm		500 mm x 700 mm		500 mm x 700 mm		500 mm x 700 mm	
Bentang	7.8 m		7.5 m		6 m		6.75 m	
Dekning	50 mm		50 mm		50 mm		50 mm	
Atas	3D25	3D25	3D25	3D25	3D25	3D25	3D25	3D25
Tengah	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Bawah	3D25	4D25	3D25	4D25	3D25	4D25	3D25	4D25
Sengkang	D13-150	D13-200	D13-150	D13-200	D13-150	D13-200	D13-150	D13-200
Tu (KN)	62.26		60.45		55.54		57.45	
Tipe Jrd/IM	JRD/IM42		JRD/IM42		JRD/IM42		JRD/IM42	



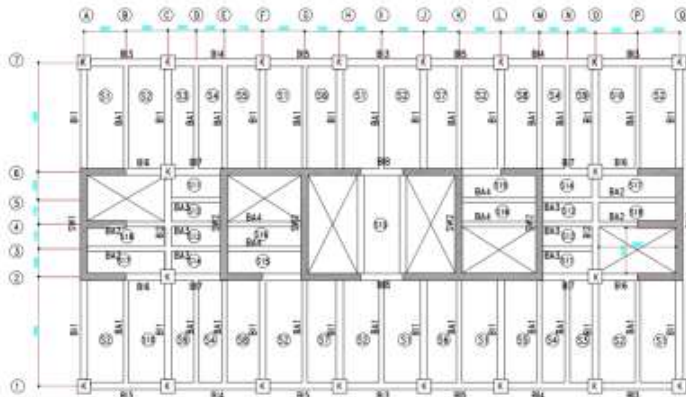
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (2)

Tipe Balok	BI 5		BI 6		BI 7	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tulangan	500 mm x 700 mm					
Dimensi	5.5 m		3 m		4 m	
Bentang	50 mm		50 mm		50 mm	
Dekning	3D25	3D25	3D25	3D25	3D25	3D25
Atas	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Tengah	3D25	4D25	3D25	4D25	3D25	4D25
Bawah	D13-150	D13-200	D13-150	D13-200	D13-150	D13-200
Sengkang	40.9					
Tu (KN)	JRd/JM36		JRd/JM36		JRd/JM36	
Tipe Jrd/JM	JRd/JM36		JRd/JM36		JRd/JM36	

### 4.4.3 Perencanaan Kolom Pracetak

Perencanaan kolom pada gedung ini dibedakan menjadi 6 tipe kolom dengan data sebagai berikut :

- Dimensi Kolom K 1 = 80 x 80 cm
- Dimensi Kolom K 2 = 100 x 100 cm
- Dimensi Kolom K 3 = 110 x 110 cm
- Dimensi Kolom K 4 = 120 x 120 cm
- Dimensi Kolom K 5 = 130 x 130 cm
- Dimensi Kolom K 6 = 140 x 140 cm



Gambar 4. 26 Denah Kolom Pracetak

#### 4.4.3.1 Data Perencanaan Kolom Pracetak

Pada penulisan ini, akan diberikan contoh perhitungan kolom K 1 pada lokasi (o - 1) lantai 30 . Berikut merupakan data perencanaan kolom pracetak Tower Caspian:

- Dimensi Kolom : 80 x 80 cm
- Tinggi Lantai (h) : 3.4 m
- Tebal Decking (d') : 50 mm
- $f_c'$  : 40 Mpa

- $f_y$  : 420 Mpa
- D (longitudinal) : 25 mm
- D'(transversal) : 13 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 80 x 80 cm, yaitu :

Tabel 4. 25Tabel Beban Aksial dan Momen pada Kolom

Column	Load Case/Combo	Station	P	M2	M3
C7	ENVELOPE Max	0	232.6882	29.6508	136.58
C7	ENVELOPE Max	1.35	232.6882	6.3831	17.6537
C7	ENVELOPE Max	2.7	232.6882	157.833	51.9869
C7	ENVELOPE Min	0	3864.6529	-203.10	-61.1933
C7	ENVELOPE Min	1.35	3840.2509	-27.05	-8.52
C7	ENVELOPE Min	2.7	3815.8488	-22.908	-109.102

$$V_u = 133 \text{ kNm}$$

$$T = 6.85 \text{ kNm}$$

Dari analisa gaya dalam frame akan diinputkan beban P dan M dari ujung bawah dan ujung atas ke dalam software SpColoumn untuk mendesain keperluan tulangan Longitudinalnya.

#### 4.4.3.2 Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 psl 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK Menahan gaya tekan aaksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $> AG \times f_c/10$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi kondisi sebagai berikut:

$$P_u > A_g \times \frac{f_c'}{10}$$

$$3864 \text{ kN} > 800 \times 800 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000} = 2560 \text{ kN}$$

Sehingga, harus memenuhi persyaratan seperti dijelaskan pada pasal 21.6.1

- Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm

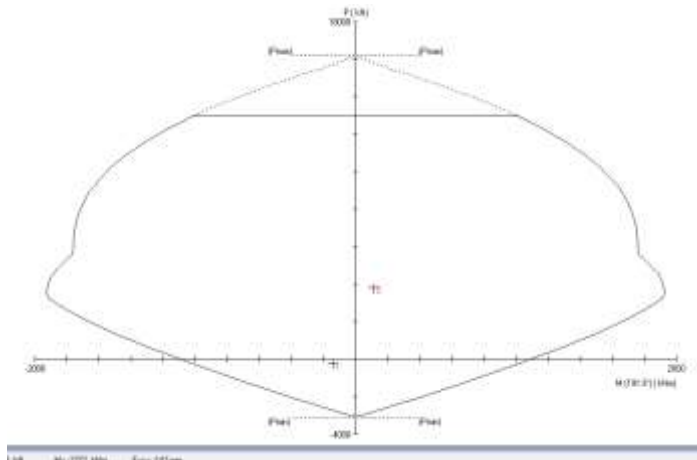
$800 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \text{ (ok)}$

- Rasio dimensi harus lebih besar dari 0.4

$$\frac{800}{800} = 1 > 0.4 \text{ (ok)}$$

#### 4.4.3.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari hasil analisa pada tabel x.x didapatkan nilai beban aksial dan momen yang terjadi pada ujung atas dan ujung bawah kolom. Nilai nilai tersebut dimasukkan ke dalam program bantu SPColumn, untuk mendapatkan jumlah tulangan perlu kolom dan melihat kapasitas dimensi kolom mealui diagram interaksi SpColoumn berikut :



Gambar 4. 27. Output Program Bantu SPColumn

Dari hasil analisa program bantu SPColumn, didapatkan jumlah tulangan 16 D25.

Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal yang ada pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\phi Mn > Mu$$

$$0.9 \times 1096.6 \text{ kNm} = 987 \text{ kNm} > 136 \text{ kNm} \text{ (ok)}$$

#### 4.4.3.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

menurut SNI 2847 :2013 psl 21.6.3.1 , luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0.01 A_g$  atau lebih dari  $0.06 A_g$ .

$$A_{st} = 16 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 7853.98 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 800 \times 800 = 640000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 6400 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat pada SpColumn diperoleh tulangan longitudinal 16 D25 dengan rasio tulangan=1.27 % (OK)

#### 4.4.3.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

menurut SNI 2847 : 2013 psl 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \times \phi (0.85 f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y (A_{st})))$$

$$\phi P_n = 0.8 \times 0.65 (0.85 \times 40 (640000 - 7853.98) + (420 (7853.98)))$$

$$\phi P_n = 12891.650 \text{ kN} > P_u = 3864.6529 \text{ kN (ok)}$$

#### 4.4.3.6 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

Di mana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat strong column weak beam.

Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong column weak beam. Dari

SpColumn didapatkan nilai  $M_{nc}$  dari masing masing arah dan joint kolom atas dan bawah :

Tabel 4. 26 Tabel Perhitungan  $M_{nc}$

Arah	h Beton	Mnc Atas	Mnc Bawah	$\Sigma M_{nc}$
		(kNmm)	(kNmm)	(kNmm)
x-x	800	1134.770	1883.870	3018.640
y-y	800	1114.720	1760.100	2874.820

$$M_{nb1} = 449.019 \text{ kNm}$$

$$M_{nb2} = 449.019 \text{ kNm}$$

$M_{nb}$  didapat dari momen perhitungan balok pada bab sebelumnya ditambah kontribusi tulangan pelat.

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

$$3018.640 \text{ kNm} > 1.2 (449.019 + 449.019)$$

$$3018.640 \text{ kNm} > 1077.64 \text{ kNm} \text{ ( ok )}$$

#### 4.4.3.7 Perencanaan Tulangan Transversal Sebagai Pengekang Inti Beton (*Convinement*)

Selain menahan gaya geser, tulangan transversal memiliki fungsi yang sangat penting untuk diperhitungkan, yaitu sebagai pengekang atau *convinement*. Ketika menerima gaya gempa, kolom mengalami momen maksimum pada bagian ujungnya. Deformasi non-linear dapat terjadi dan sebagai material yang getas, beton sangat rentan mengalami keruntuhan karena tidak memiliki daktilitas yang memadai.

Direncanakan Tulangan Convinement dengan Diameter D16 Dengan  $A_s = 201.061 \text{ mm}^2$

$$B_c \text{ (lebar inti beton)} = 684 \text{ mm}$$

$$A_{ch} \text{ (luas inti beton)} = 562500 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan, } A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dimana :

- $S$  = jarak spasi tulangan transversal (mm)  
 $B_c$  = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)  
 $A_g$  = luasan penampang kolom ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_{ch}$  = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)  
 $F_{yt}$  = kuat leleh tulangan transversal (MPa)

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh1}/S = 0,3 \cdot \left( \frac{504 \times 40}{420} \right) \cdot \left( \frac{800 \times 800}{562500} - 1 \right) = 2.7043 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh2}/S = 0,09 \cdot \left( \frac{504 \times 40}{420} \right) = 5,88 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (menentukan)}$$

Besar spasi tulangan *convinement* tersebut harus memenuhi pertaruan **SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3** seperti berikut:

Spasi tulangan maksimum adalah yang terkecil di antara :

- $\frac{1}{4}$  dimensi penampang kolom terkecil =  $\frac{1}{4} \times 800 = 200$  mm
- 6 kali diameter tulangan longitudinal =  $6 \times 25 = 150$  mm
- So menurut persamaan  
 $So \leq 100 + (350 - h_x)/3$   
 dimana :  
 $h_x = 2/3 (684) = 228$  mm  
 $So = 100 + \left( \frac{350 - 228}{3} \right) = 140.66$  mm

Dengan demikian spasi yang digunakan yaitu **100 mm**.

Adapun **Persyaratan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1** mengatur tinggi zona pemasangan tulangan. Tulangan *hoop* dengan spasi

yang telah dihitung tersebut harus dipasang sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom.  $l_o$  dipilih yang terbesar antara :

1. Tinggi elemen kolom di join,  $h = 800$  mm
2.  $\frac{1}{6}$  bentang bersih komponen struktur,  $= \frac{1}{6} \times (3400 - 700) = 450$  mm
3. 450 mm

Jadi panjang  $l_o$  sebesar 800 mm dari ujung-ujung kolom.

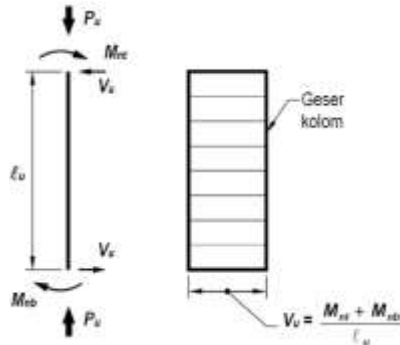
Disepanjang sisi kolom bersih (tinggi total dikurangi  $l_o$ ) diberi hoop dengan spasi minimum:

1.  $6d_b = 150$  mm
2. 150 mm

Dipakai **150 mm**

#### 4.4.3.8 Kontrol Gaya tekan terhadap gaya geser rencana

Pendetailan tulangan geser pada struktur rangka pemikul momen khusus diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.1. Dimana gaya geser desain ( $V_e$ ).



Gambar 4. 28 Penentuan gaya geser pada kolom

Nilai  $M_{pr}$  pada ujung-ujung kolom diperoleh dari diagram interaksi dengan faktor kuat lebih pada material tulangan longitudinal sebesar **25%** ( $f_s = 1,25f_y$ ). Momen nominal terfaktor paling besar dari semua kombinasi harus diambil sebagai  $M_{pr}$ . Dengan adanya faktor kuat lebih, tegangan leleh baja sebesar 420 MPa diperbesar 1,25 menjadi 520 MPa.



Gambar 4. 29 Output SpColumn (setelah Mpr)

Tabel 4. 27 Tabel perhitungan Mpr

Arah	h kolom	Mpr Atas	Mpr Bawah	$\Sigma M_{npr}$
		(kNm)	(kNm)	(kNm)
x-x	800	1134.77	1883.87	3018.64
y-y	800	1114.72	1760	2874.72

$$L_n = 3.4 \text{ m}$$

$$V_{e x - x} = \frac{\Sigma M_{pr}}{L_n} = \frac{3018.65}{3.4} = 887.83 \text{ kN} > V_{ux} = 133 \text{ kN}$$

$$V_{e y - y} = \frac{\Sigma M_{pr}}{L_n} = \frac{2874.72}{3.4} = 845.5 \text{ kN} > V_{uy} = 133 \text{ kN}$$

### Desain Hubungan Balok Kolom

#### a. Mengecek syarat panjang joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar.

$$B = 600 \text{ mm}$$

$$H = 900 \text{ mm}$$

$$d_b \text{ balok} = 25 \text{ mm}$$

$$20 \times d_b = 20 \times 25 = 500 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm (OK)}$$

#### b. Menentukan luas efektif joint

$$A_j = 600 \times 900 = 540000 \text{ mm}^2$$

- c. Penulangan Tranversal untuk confinement pasal 21.7.3.2

$$0,5 \frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \frac{5,103}{100} = 2,5515 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi hoop diijinkan diperbesar hingga 150 mm

Jarak bersih tulangan tekan dan tarik 456 mm

Area tulangan hoop yang dibutuhkan  $150 \times 2,5515 = 382,725 \text{ mm}^2$

Dicoba digunakan 4D16 yang pertama **50 mm** dibawah tulangan atas .

$$A_{sh} = 803,84 \text{ mm}^2 > 382,725 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi digunakan **4D16–150 mm**

- d. Perhitungan geser di joint

$$M_{pr1} = 1265,42 \text{ kN}$$

$$M_{pr2} = 715 \text{ kN}$$

$$M_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) \times DF = 990,226 \text{ kN}$$

$$V_{sway} \text{ (geser total pada kolom atas), } L_n = 2,3 \text{ m}$$

$$V_{sway} = (990,226 + 990,226) / 2,3 \text{ m} = 861 \text{ kN}$$

dibagian lapsis atas balok dipakai tulangan dengan  $A_s 3925 \text{ mm}^2$  gaya tarik yang terjadi di baja tulangan balok di bagaian kiri  $T_1 = 1,25 A_s \cdot f_y = 1962,5 \text{ kN}$

gaya tekan yang bekerja pada balok kiri  $C_1 = T_1 = 1962,5 \text{ kN}$

gaya tarik yang terjadi di baja tulangan balok di bagaian kanan  $T_2 = 1962,5 \text{ kN}$

gaya tekan yang bekerja pada balok kanan  $C_2 = T_2 = 1962,5 \text{ kN}$

$$V_u = V_i = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$= 861 - 1962,5 - 1962,5$$

$$= 3063,9 \text{ kN ( ke arah Kiri )}$$

kuat geser nominal ke empat sisi

$$V_n = 0,17 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j$$

$$= 5430,96 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = 4073,22 \text{ kN} > 3063,9 \text{ kN (OK)}$$

#### 4.4.3.9 Kontrol Kebutuhan Torsi

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk stuktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila momen puntir kurang dari:

$$P_u = 3864 \text{ kN}$$

$$T_u = 6.85 \text{ kNm}$$

$$A_g = 640000 \text{ mm}^2$$

$$A_{cp} = 640000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 3200 \text{ mm}$$

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{P_u}{0.33 \sqrt{f_c}}}$$

$$T_n = 267.4 \text{ kNm} > T_u = 6.85 \text{ kNm} \text{ (Torsi diabaikan)}$$

#### 4.4.3.10 Pengangkatan Kolom Pracetak

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= -0.0054 \text{ w l}^2 \\ &= -0.0054 (1536) 3.4^2 \\ &= -95.883 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= 0.0034 \text{ w l}^2 \\ &= 0.0034 (1536) 3.4^2 \\ &= 60.37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \max} &= 0.96 \text{ w l} \\ &= 0.96 (1536) 3.4 \\ &= 5013.504 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{kolom}} &< \sigma_{\text{ijin}} \\ \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{\frac{SF}{0.7 \sqrt{40}}} \\ &= \frac{1.5}{2.95} \text{ MPa} \\ Z &= \frac{1}{6} b(h)^2 \\ \sigma_{\text{kolom}} &= \frac{M_u}{Z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{95.88 \times 10^{-3}}{\frac{1}{6} 0.8 (3.4)^2} \\ &= 0.06 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{kolom}} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}$$

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Di setiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 80 kN dan 40 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .

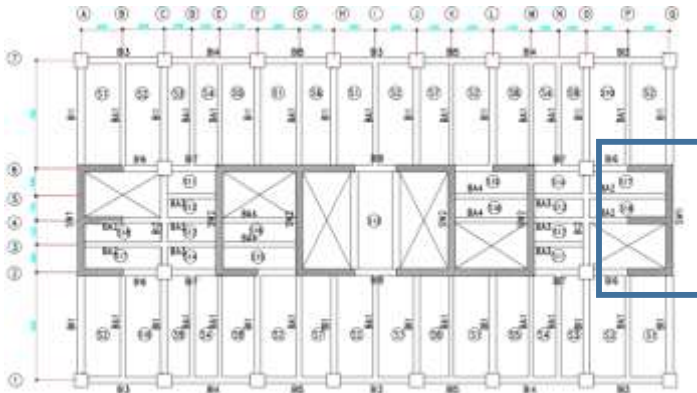
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Penulangan Kolom Pracetak

Type Balok	K1		K2		K3		K4	
Tulangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	800 X 800		1000X1000		1100 X 1100		1200 X 1200	
Dekcing	50 mm		50 mm		50 mm		50 mm	
Tulangan Utama	16D25		20D25		24D25		32D25	
Tulangan Confinement (Sengkang)	4D16-150	4D16-200	4D16-150	4D16-200	5D16-150	5D16-200	5D16-150	5D16-200
Tu (KN)	65		71		75		80	
Type Jl	JRD/JM42		JRD/JM42		JRD/JM42		JRD/JM42	

Type Balok	K5		K6	
Tulangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	1300 X 1300		1400 X 1400	
Dekcing	50 mm		50 mm	
Tulangan Utama	36D25		40D25	
Tulangan Confinement (Sengkang)	5D16-150	5D16-200	4D19-150	4D19-200
Sengkang	2D10-120	2D10-120	2D10-120	2D10-120
Tu (KN)	62.26		-	
Type Jrd/JM	JRD/JM42		-	

#### 4.4.4 Perencanaan Dinding Geser (*ShearWall*)

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Perencanaan dinding geser dibedakan menjadi Dinding Geser Arah X dan dinding Geser Arah Y. Pada perhitungan ini, akan diberikan contoh perhitungan dinding geser arah Y, yaitu shear wall tipe SW 1.



Gambar 4. 30 Denah Shearwall

##### 4.4.4.1 Data Perencanaan

Dinding geser arah Y menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu Y. :

- Tebal Dinding (t) : 50 cm
- Lebar Dinding (l) : 7.5 m
- Tinggi Dinding (h) : 4 m
- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- $D_{\text{Longitudinal}}$  : 22 mm
- $D'_{\text{Transversal}}$  : 16 mm
- Decking ( $d'$ ) : 50 mm
- $dx$  :  $500 - 50 - 0.5 \times 22 = 439$  mm
- $\delta$  : 12.1 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada shearwall yaitu:

$$P_u = 69629.7736 \text{ kN}$$

$$M_u = 57563.7725 \text{ kNm}$$

$$V_u = 2004.3949 \text{ kN}$$

#### 4.4.4.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 Psl. 14.5.3, Ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{25} \lambda c < \text{Tebal dinding } (t)$$

$$\frac{1}{25} 4000 = 160 \text{ mm} < 500 \text{ mm } (ok)$$

$$\frac{1}{25} 4000 = 160 \text{ mm} < 500 \text{ mm } (ok)$$

#### 4.4.4.3 Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2013, pasal 21.9.4.4, kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi :

$$V_n < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{2004.39}{0.75} = 2672.52 \text{ kN}$$

$$0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = \frac{0.83 \times 500 \times 4000 \times \sqrt{40}}{1000} = 10498.761 \text{ kN}$$

$$V_n = 1563.77 \text{ kN} < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = 8399.01 \text{ kN } (ok)$$

#### 4.4.4.4 Penulangan Geser Shearwall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 2847 : 2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada

dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi gaya geser nominal

$$V_u < 0.17 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$2004.39 \text{ kN} < \frac{0.17 \times 4000 \times 500 \sqrt{40}}{1000}$$

$$2004.39 \text{ kN} < 2150.34 \text{ kN} \text{ (1 lapis tulangan)}$$

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang 2 lapis tulangan.

$$500 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \text{ (2 Lapis Tulangan)}$$

Dari kedua persyaratan tersebut, maka pada dinding geser arah Y dipasang 2 lapis tulangan.

#### 4.4.4.5 Penulangan Geser ShearWall Arah X

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u < \phi V_n$$

$$\phi V_n = A_c v [\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{h}{l} = \frac{4000}{7500} = 0.53 < 2, \text{ maka } \alpha = 0.25$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D16 Dengan s = 200 mm.

$$\rho_n = \frac{A_s}{d_x \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \pi \times 16^2}{439 \times 200} = 0.0045$$

$$\phi V_n = \frac{500 \times 7500 [0.25 \times \sqrt{40} + 0.0045 \times 420]}{1000} = 13016.77 \text{ kN}$$

$$V_u = 2004.3949 \text{ kN} < \phi V_n = 13016.77 \text{ kN} \text{ (OK)}$$



#### 4.4.4.6 Kontrol Rasio Tulangan

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.9.9.2 : rasio tulangan horizontal ( $\rho_n$ ) tidak boleh kurang dari 0.0025, dipakai tulangan horizontal 2D16 dengan rasio tulangan  $\rho_n = 0.006 > 0.0025$  (OK)

#### 4.4.4.7 Kontrol Spasi Tulangan Vertical dan Horizontal

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1 : Spasi tulangan vertikal dan tulangan horizontal tidak boleh lebih dari 450 mm.

$$S_{\text{transversal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{longitudinal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{7500}{3} = 2500 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 4000 = 1200 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 : Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{7500}{3} = 2500 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 4000 = 1200 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

#### 4.4.4.8 Kontrol Komponen Batas

- Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari  $0.2f_c$ . SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.3.

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f_c$$

$$\frac{57563.7725 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 500 \times 4000^2} + \frac{69629.7736 \times 10^3}{500 \times 4000} > 0.2 \times 40$$

$$77.98 \text{Mpa} > 8 \text{Mpa} \text{ (butuh Komponen Batas)}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (Displacement Method) dimana element pembatas diperlukan apabila:

$$C > \frac{lw}{600 \times \left(\frac{\delta}{ht}\right)}, \frac{\delta}{ht} > 0.007$$

$$\frac{\delta}{ht} = \frac{12.1}{54 \times 1000} = 0.000224, \text{ maka digunakan } 0.007$$

$$C > \frac{4000}{600 \times 0.007} = 952.38 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn, didapatkan nilai  $c$   
 $= 1471 \text{ mm}$

$952.38 \text{ mm} < 1471 \text{ mm}$ , (butuh komponen batas)

- Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari :

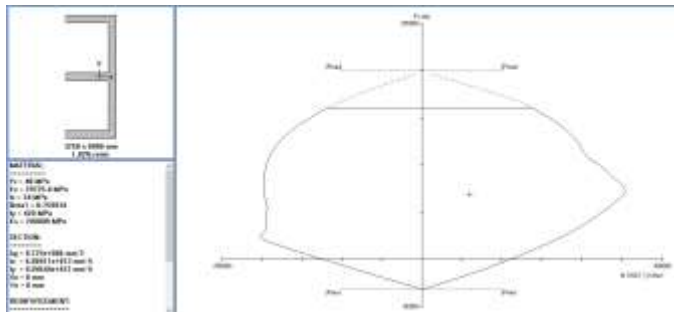
$$(c - 0.1 L_w) = 1471 - 0.1 * 4000 = 1071 \text{ mm}$$

$$c/2 = 1471/2 = 735.5 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan jarak element pembatas = 1100 mm

#### 4.4.4.9 Kontrol Tulangan Longitudinal ShearWall

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan shearwall menggunakan program bantu SpColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 4. 31 Diagram Interaksi ShearWall arah X

Dari hasil analisa program bantu SpColumn, digunakan tulangan Longitudinal 214D22. Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal shearwall :

$$M_n = 159184.92 \text{ kNm} > M_u = 57563.7725 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

### 4.5 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

#### 4.5.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan.

Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

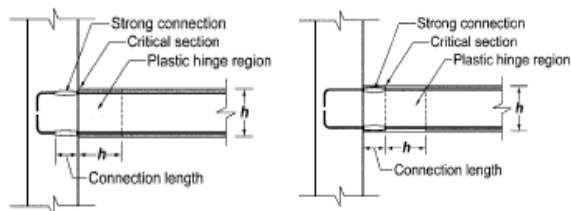
Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup rumit.

Untuk sambungan basah dalam daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton topping. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

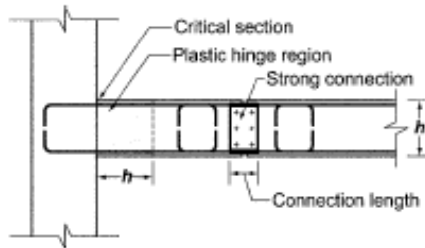
Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (cast in situ).

#### 4.5.2 Konsep Desain Sambungan

Konsep desain sambungan pada perencanaan gedung Caspian Tower ini berdasarkan dengan detail sambungan yang disyaratkan pada ACI 318M-14 pasal 18.9 sebagai berikut:



Gambar 4. 32. Detail Sambungan Balok – Kolom

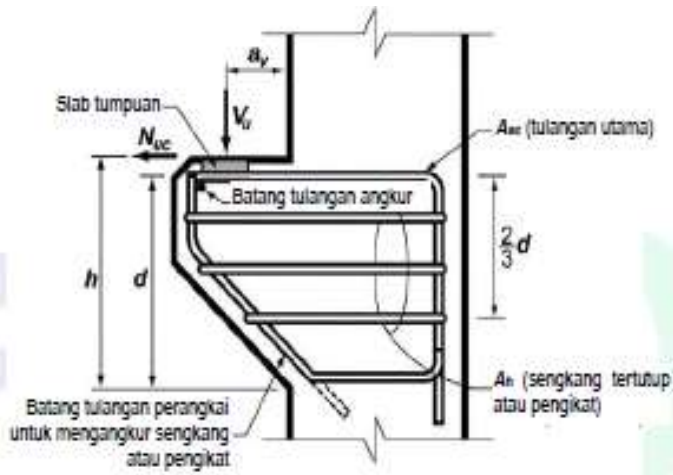


Gambar 4. 33. Detai Sambungan Balok-Balok

Sambungan direncanakan dengan menggunakan produk dari *Peikko Group* dan *NMB Splice Sleeve*. Sambungan antar balok – kolom dan balok – balok menggunakan *Modix Coupler* dari produk *Peikko* untuk menyalurkan tulangan antar elemen pracetak, dan untuk menahan beban balok dan geser friksi digunakan konsol pendek. Sedangkan untuk sambungan antar kolom-kolom menggunakan *Splice Sleeve* kemudian digROUT khusus dengan mortar mutu tinggi sehingga menjadi satu kesatuan.

#### 4.5.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom maupun balok induk dan balok anak, dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan begitupun antara balok induk dan balok anak. Perencanaan konsol tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar 4.34.



Gambar 4. 34. Geometrik Konsol Pendek

❖ Perhitungan Konsol Pendek

Dalam perencanaan konsol pendek, akan diberikan contoh perhitungan konsol pada kolom dan balok 50/70 cm. Berikut merupakan perhitungan konsol pendek pada kolom :

➤ Data Perencanaan:

$$V_u : 363.1362 \text{ kN}$$

$$N_u : 72.63 \text{ kN}$$

$$f_c' : 40 \text{ Mpa}$$

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

$$(d') : 40 \text{ mm}$$

$$D_{\text{longitudinal}} : 19 \text{ mm}$$

$$D'_{\text{transversal}} : 16 \text{ mm}$$

$$b : 500 \text{ mm}$$

$$h : 300 \text{ mm}$$

$$d_x : h - d' - 0.5D = 250.5 \text{ mm}$$

$$a_v : 215 \text{ mm}$$

$$l : 430 \text{ mm}$$

➤ Menentukan Luasan Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.6.5, untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{363.1362}{0.75} = 484.18 \text{ kN}$$

$$0.2 \times f'c' \times bw \times d = 0.2 \times 40 \times 500 \times 250.5 = 1002 \text{ kN (ok)}$$

$$(3.3 + 0.08f'c')bw \times dx = (3.3 + 0.08 \times 40)500 \times 250.5$$

$$(3.3 + 0.08f'c')bw \times dx = 814.125 \text{ kN (ok)}$$

$$11 \times bw \times dx = 11 \times 500 \times 250.5 = 1377.75 \text{ kN (ok)}$$

$$Avf = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{484.18}{420 \times 1.4} = 823.44 \text{ mm}^2$$

➤ Luas Tulangan Lentur

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 akan digunakan  $N_{uc}$  minimum, sebagai berikut :

$$M_u = V_u \times a + N_{uc}(h - dx)$$

$$M_u = 363.14 \times 1000 \times 215 + 72.63(49.5) = 81669341$$

Nmm

$$A_f = \frac{M_u}{\phi f_y j d} = \frac{81669341}{0.75 \times 420 \times 0.85 \times 300} = 1016.736 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi f_y} = \frac{72.63}{0.75 \times 420} = 230.56 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Luasan Tulangan Primer

$$A_{sc} = \frac{2}{3} Avf + A_n = \frac{2}{3} \times 823.44 + 230.56 = 779.52 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = A_f + A_n = 1016.736 + 230.56 = 1247.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc \text{ pakai}} = 1247.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc \text{ min}} = 0.04 \frac{f'c'}{f_y} bw dx = 0.04 \frac{40}{420} 500 \times 250.5$$

$$A_{sc \text{ min}} = 477.14 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Luasan Tulangan Horizontal Tertutup

$$A_h = 0.5(A_{sc} - A_n) = 0.5(1247.3 - 230.56)$$

$$Ah = 508.37 \text{ mm}^2$$

- Menentukan Banyaknya Tulangan

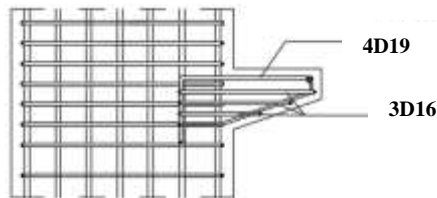
$$As (D19) = \frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4}\pi \times 19^2 = 283.64 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4}\pi \times 16^2 = 201.14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Primer} = \frac{Asc}{As(D16)} = \frac{1247.3}{283.64} \approx 4$$

$$n \text{ Sekunder} = \frac{Ah}{As (D13)} = \frac{508.37}{201.14} \approx 3$$

Berikut merupakan gambar penulangan konsol pendek pada kolom dan balok 50/70



Gambar 4. 35. Penulangan Konsol Pendek

#### ❖ Rekapitulasi Konsol Pendek

Konsol pendek digunakan pada sambungan balok induk ke kolom. Selain itu juga digunakan pada sambungan balok anak ke balok induk, dengan perhitungan yang sama berikut merupakan tabel rekapitulasi penulangan konsol pendek:



Tabel 4. 29. Rekapitulasi Penulangan Konsol Pendek

Sambungan	Vu	Nu	Ukuran		D		Primer		Horizontal	
	(kN)	(kN)	b(mm)	h(mm)	Longitudinal	Transversal	Asc(mm <sup>2</sup> )	n	Ah(mm <sup>2</sup> )	n
Kolom-Balok (50/70)	363.1362	72.63	400	300	19 mm	16 mm	641.765	4	418.532	3
Balok Induk (50/70) - Balok Anak (35/50)	155.955	31.2	400	200	19 mm	16 mm	564.697	3	232.839	2

#### 4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok-Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*.

Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*. Diketahui bahwa *Modix Rebar Coupler* didesain untuk sambungan elemen pracetak yang tahan terhadap gaya tarik maupun gaya tekan yang terjadi pada penampang beton. Kekuatan leleh yang dimiliki oleh *Modix Rebar Coupler* adalah 550 Mpa, sehingga sambungan Coupler ini dapat digunakan karena kekuatan leleh pada baja tulangan hanya 420 Mpa. Dalam perencanaan tulangan atas dan bawah digunakan *Modix Rebar Coupler type PM*. Untuk kait standar juga menggunakan produk *Peikko Group* yang sesuai dengan perhitungan berikut :

##### ❖ Sambungan Balok 50/70 – Kolom

###### ➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$\begin{aligned} db &= 25 \text{ mm} \\ fc' &= 40 \text{ Mpa} \\ fy &= 420 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

###### ➤ *Single Sided Connection*

###### • Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} ldh &= lhb \frac{fy}{400} \\ ldh &\geq 8db \end{aligned}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 460 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah ***Modix Coupler SM25A P12 – 760(460) -- PM25-- SM25B P- 1400***, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ .

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

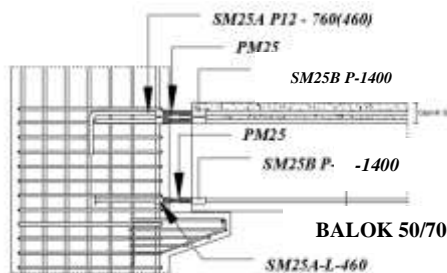
$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler. Profil yang digunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A-L-460 -- PM25-- SM25B P- 1400**, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ .



Gambar 4. 36. Sambungan Single Sided Balok 50/70 cm

➤ *Double Sided Connection*

*Contoh perhitungan sambungan BI 1 dengan BI 2 pada K1*

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$l_{dh} \geq 8db$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 460 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$ .

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tarik di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler. Profil yang digunakan pada bagian Kolom ukuran  $0.80/0.80 \text{ m}$  adalah **Modix Coupler SM25B-P-1400-SM25A-D800 - SM25B P- 1400** , Kolom ukuran  $1/1 \text{ m}$  adalah **Modix Coupler SM25B-P-1400-SM25A-D1000 - SM25B P- 1400**, Kolom ukuran  $1.1/1.1 \text{ m}$  adalah **Modix Coupler SM25B-P-1400-SM25A-D1100 - SM25B P- 1400**, Kolom ukuran  $1.2/1.2 \text{ m}$  adalah **Modix Coupler SM25B-P-1400-SM25A-D1200 - SM25B P- 1400**, Kolom ukuran  $1.3/1.3 \text{ m}$  adalah **Modix Coupler SM25B-P-1400-SM25A-D1300 - SM25B P- 1400** . Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A P12 – 760(460) -- PM25-- SM25B P- 1400** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ .

- Panjang penyaluran dalam kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

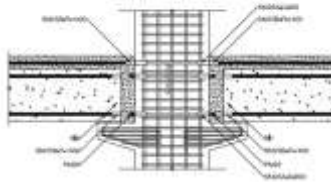
$$l_{dc} \geq 0.043 f_y db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan, balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian Kolom ukuran 0.80/0.80 m dengan BI 2 adalah ***Modix Coupler SM25A-D-800 -- PM25-- SM25B P- 1400***, Kolom ukuran 1/1 m dengan BI 2 adalah ***Modix Coupler SM25A-D-1000 -- PM25-- SM25B P- 1400***, Kolom ukuran 1.1/1.1 m dengan BI 2 adalah ***Modix Coupler SM25A-D-1100 -- PM25-- SM25B P- 1400***, Kolom ukuran 1.2/1.2 m dengan BI 2 adalah ***Modix Coupler SM25A-D-1200 -- PM25-- SM25B P- 1400***, Kolom ukuran 1.3/1.3 m dengan BI 2 adalah ***Modix Coupler SM25A-D-1300 -- PM25-- SM25B P- 1300***. Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah ***Modix Coupler SM25A P - 460 -- PM25- - SM25B P- 1400***, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$



Gambar 4. 37. Sambungan Double Sided Balok 50/70 cm

#### 4.4.4.1 Rekapitulasi sambungan

Berikut adalah rekapitulasi sambungan sesuai dengan sambungan yang ditinjau :

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Single-Side Connection

BI 1-K1,K2,K3,K4,K5	
Tarik	SM25A-P12-780(460)-AM25B-P-1400
Tekan	SM25A-L-460PM25-SM25B-P-1400
BI 3-K1,K2,K3,K4,K5	
Tarik	SM25A-P12-780(460)-AM25B-P-1400
Tekan	SM25A-L-460PM25-SM25B-P-1400
BI 6-SW	
Tarik	SM25A-P12-780(460)-AM25B-P-1400
Tekan	SM25A-L-460PM25-SM25B-P-1400
BI 7-SW	
Tarik	SM25A-P12-780(460)-AM25B-P-1400
Tekan	SM25A-L-460PM25-SM25B-P-1400
BI 1-SW	
Tarik	SM25A-P12-780(460)-AM25B-P-1400
Tekan	SM25A-L-460PM25-SM25B-P-1400

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Double-Side Connection

BI 1-BI2-K1	
Tarik	SM25B-P-1400-SM25A-D-800-SM25B-P1400
Tekan	SM25B-P-1400-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P1400
BI 7-BI6-K1	
Tarik	SM25B-P-1400-SM25A-D-800-SM25B-P1400
Tekan	SM25B-P-1400-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P1400
BI 3-BI5-K1	
Tarik	SM25B-P-1400-SM25A-D-800-SM25B-P1400
Tekan	SM25B-P-1400-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P1400

### 5.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk

❖ Sambungan Balok Anak 35/50 – Balok Induk 50/70

➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$db = 25 \text{ mm}$$

$$fc' = 40 \text{ Mpa}$$

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

➤ *Single Sided Connection*

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$



$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 200 \text{ mm}$  karena balok anak hanya sebagai balok sekunder, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian balok induk adalah ***Modix Coupler SM25A P12 – 500(200) -- PM25-- SM25B P-1100***, pada bagian balok anak panjang minimal Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 500 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$ . (**memenuhi**)

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

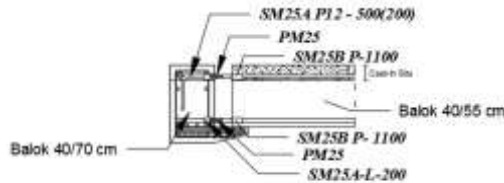
$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok anak merupakan balok sekunder, maka digunakan panjang penyaluran minimum tulangan dalam kondisi tekan adalah  $ldc = 200 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian balok induk adalah ***Modix Coupler SM25A-L-200 --***

**PM25-- SM25B P- 1100** , pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$ .



Gambar 4. 38. Sambungan Single Sided Balok Induk-Balok Anak

➤ *Double Sided Connection*

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok anak merupakan struktur sekunder, maka dipakai  $ldh = 200 \text{ mm}$  dengan kait

minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tarik di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian Balok induk ukuran 0.5/0.7 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-500 -- PM25 -- SM25B P- 1100**, Pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada balok induk **Modix Coupler SM25A P12 -500(200) -- PM25-- SM25B P- 1100**, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$ .

- Panjang penyaluran dalam kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

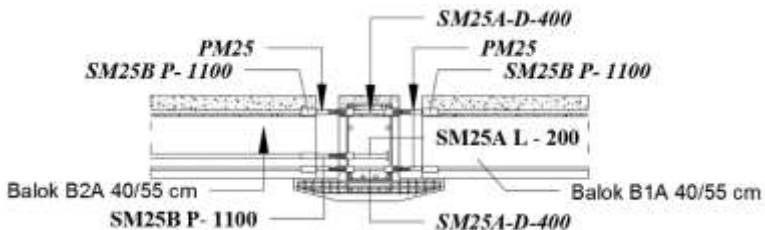
$$l_{dc} \geq 0.043 f_y db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Karena balok anak merupakan struktur sekunder, maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian balok induk ukuran 0.5/0.7 m adalah *Modix Coupler SM25A-D-500 -- PM25-- SM25B P- 1100*, Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada balok induk *Modix Coupler SM25A L - 200 -- PM25-- SM25B P- 1100*, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$ .



Gambar 4.39.Sambungan Double Sided Balok Induk-Balok Anak

#### 4.4.5.1 Rekapitulasi Sambungan

Berikut adalah rekapitulasisambungan balok anak dengan balok induk

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Single-Side Connection Balok Anak

Tipe Balok Anak	Tipe Balok Induk	Ldh (mm)	ldc(mm)	Profil Sambungan
				Tekan
BA 1	BI 3	200	200	SM25A-L200- PM25-SM25B- P1100

BA1	BI 4	200	200	SM25A-L200- PM25-SM25B- P1100
BA1	BI 5	200	200	SM25A-L200- PM25-SM25B- P1100
BA4	SW	200	200	SM25A-L200- PM25-SM25B- P1101

Tabel 4. 33 Rekapitulasi Double-Side Connection Balok Anak

Tipe Balok Anak	Tipe Balok Induk	Ldh (mm)	ldc(mm)	Profil Sambungan
				Tekan
BA2-BA3	BI2	200	200	SM25B-P-1100-PM25-SM25A-D500-PM25-SM25B-P-1100
BA5-BA3	BI2	200	200	SM25B-P-1100-PM25-SM25A-D500-PM25-SM25B-P-1100

#### 4.5.6 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan yang dipasang memanjang melintang tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud-stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud – studnya tersebut diberi *overtopping* dengan metode *cast-in situ*. Proses *overtopping* tersebut dilakukan bersamaan dengan proses penyambungan *overtopping* balok pracetak (sambungan balok induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua induk dan kolom

pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua komponen pracetak dapat dilakukan dalam waktu bersamaan.

➤ Data Perencanaan Sambungan :

$$\begin{aligned} db &: 10 \text{ mm} \\ fc' &: 40 \text{ Mpa} \\ fy &: 420 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik  $l_d$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} l_d &> 300 \text{ mm} \\ l_d &> \left( \frac{fy \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{fc}} \right) db \\ l_d &> \left( \frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{40}} \right) 10 = 316.23 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik  $l_d = 320 \text{ mm}$**

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1, bahwa panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan,  $l_{dc}$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} l_{dc} &> 200 \text{ mm} \\ l_{dc} &> \frac{0.24fy}{\sqrt{fc}} db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} 10 = 159.38 \text{ mm} \\ l_{dc} &> 0.043 \times fy \times db = 0.043 \times 420 \times 10 = 180.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan  $l_{dc} = 200 \text{ mm}$**

#### 4.5.7 Perencanaan Sambungan Tangga – Shearwall

Pada perencanaan tangga maupun perencanaan sheawaal pada tugas akhir ini, direncanakan menggunakan metode *cast-in*

*situ*, sehingga pada perencanaan sambungannya, dihitung panjang penyaluran dari tangga ke shearwall.

➤ Data Perencanaan:

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

$$fc' = 40 \text{ Mpa}$$

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

➤ Panjang Penyaluran Tulangan pada Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{16}{\sqrt{40}} = 252.98 \text{ mm}$$

$$ldh = 252.98 \frac{420}{400} \approx 265 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 300 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 16 = 192 = 200 \text{ mm}$ .

➤ Panjang Penyaluran Tulangan pada Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 16 = 255 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 16 = 288.96 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 300 \text{ mm}$

#### 4.5.8 Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak

Pada perencanaan sambungan antar kolom dengan kolom, digunakan metode *NMB Splice Sleeve*. Pada penggunaan metode *NMB Splice Sleeve* ini tidak diperlukan perhitungan panjang penyaluran untuk proses penyambungannya. Hal ini dikarenakan, tulangan antar kolom yang dilakukan penyambungan dengan coupler dianggap sudah monolit dan menerus. Untuk ilustrasi mengenai penyaluran antar tulangan kolom pracetak tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 40. Ilustrasi Pertemuan antar Tulangan Kolom

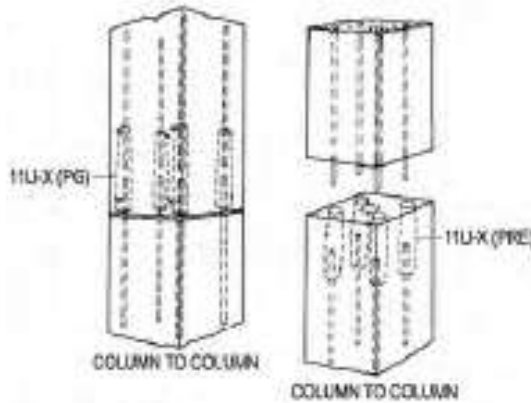
#### ➤ Mekanisme Penyambungan

Pada proses penyambungan antar kolom dilakukan proses grouting pada bagian panjang penyalurannya yang juga menggunakan coupler. Untuk itu, pada bagian kolom tersebut diberi lubang sebagai tempat meletaknya coupler yang berguna untuk melakukan proses grouting tersebut. Lubang grouting di lakukan pada sisi-sisi kolom tersebut yang telah



ditetapkan lubang coupler untuk menuju aliran panjang penyaluran.

Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk *couple for splicing reinforcing bar* dari *NMB Splice Sleeve*.



Gambar 4. 41. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak.

➤ Perencanaan Sambungan Kolom-Kolom

Diketahui pada sub-bab sebelumnya, bahwa diameter tulangan yang digunakan pada kolom semua jenis adalah sebesar 25 mm. Maka berdasarkan brosur dari *NMB Splice Sleeve* digunakan tipe 8U-X dengan diameter 48 mm >  $d_b = 25$  mm dengan spesifikasi 85000 psi = 586 Mpa.  $1,5 F_y = 1,5 \times 420 = 630$  Mpa sehingga termasuk kategori mechanical splice tipe 2. Sesuai dengan ACI 318M-14 mechanical splices dapat digunakan dilokasi manapun. Dan digrouting dengan

non shrinkage SS Mortar tipe 2 yang memiliki kekuatan minimum 9500 psi = 65,5 Mpa.

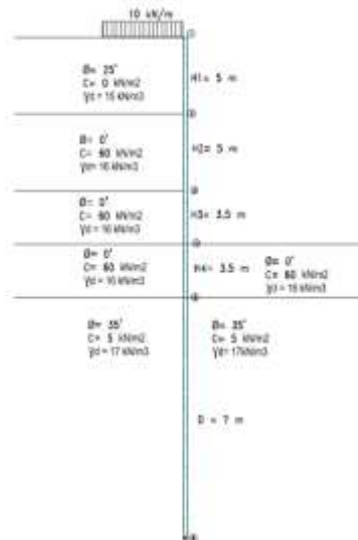
Sambungan juga harus memenuhi ACI 318M-14 dimana  $\phi M_n = 4877.83 \text{ KNm} > 0,4 M_{pr} = 2283.17 \text{ KNm}$  dan  $\phi V_n = 3512.56 \text{ kN} > V_e = 250,08 \text{ kN}$

#### 4.6 Perencanaan Basement

Dalam perencanaan basement diperlukan perencanaan dinding penahan tanah yang memadai sesuai dengan kondisi parameter tanah di lapangan. Perencanaan Tower Caspian ini akan direncanakan dinding penahan tanah jenis soldier pile.

##### 4.6.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah (Soldier Pile)

Perencanaan Soldier Pile dimulai dengan penggambaran geometri soldier pile sesuai dengan data parameter lapisan tanah. Dalam perencanaan ini akan dibuat dua alternatif desain, yaitu soldier pile tanpa perkuatan Ground Anchor dan Soldier Pile dengan perkuatan Ground Anchor. Geometri Perencanaan Soldier Pile bisa dilihat pada Gambar 4.42



Gambar 4. 42 Geometri Perencanaan Soldier Pile

Perencanaan Soldier pile dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut :

1. Perhitungan koefisien tekanan tanah
2. Perhitungan Tekanan Horizontal akibat tanah dan air
3. Mencari kedalaman (D) tanam dari borepile.
4. Mencari nilai momen Maksimum dan defleksi yang terjadi.

#### 4.6.2 Soldier pile tanpa perkuatan Ground Anchor

- Menghitung nilai  $K_a$  dan  $K_p$

Mencari nilai  $K_a$  dan  $K_p$  dapat dicari dengan rumus

Tanah pasif  $K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$

Tanah aktif  $K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$

Perhitungan  $K_a$  Tiap lapisan tanah

$$K_a (1) = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 25/2) = 0,405$$

$$K_a (2) = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 0/2) = 1$$

$$K_a (3) = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 35/2) = 0.27$$

$$K_a (3) = \tan^2(45 + \phi/2) = \tan^2(45 - 0/2) = 1$$

Perhitungan  $K_p$  Tiap lapisan tanah

$$K_p (3) = \tan^2(45 + \phi/2) = \tan^2(45 + 35/2) = 3.69$$

$$K_p (4) = \tan^2(45 + \phi/2) = \tan^2(45 + 0/2) = 3.1$$

- Perhitungan Tekanan Horizontal akibat tanah dan air

Menghitung tegangan horizontal pada tiap titik

- a. Untuk menghitung tegangan horizontal dilakukan perhitungan tegangan vertical ( $\sigma_v$ ) terlebih dahulu dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_v = \sigma_0 + \gamma' * h$$

- b. Kemudian menghitung tegangan horizontal ( $\sigma_h$ ) dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_h = \sigma_v \times K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

$$\sigma_h = \sigma_v \times K_p + 2c\sqrt{K_p}$$

\Contoh perhitungan :

Step 1 : mencari tegangan horizontal dititik 1

$$\sigma_v = q + \gamma' * h$$

$$\sigma_v = 10 + (16 - 10) \times 0 = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_h = \sigma_v \times K_a - 2c\sqrt{K_a} = 4.058 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_h \text{ air} = 0 \text{ kN/m}^2$$

mencari tegangan horizontal dititik 6

$$\sigma_v = \sigma_v 5 + \gamma' * D =$$

$$\sigma_v = 181 + (18 - 10) \times D = 181 + 8D \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_h = \sigma_v \times K_a - 2c\sqrt{K_a} = (181 + 8D)1 - 176 = 5 + 8D \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_h \text{ air} = 10 \times (17 + D) = 170 + 10D \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_h \text{ tot} = 8D + 5 + (10D + 170) = \mathbf{18D + 175}$$

c. Mencari nilai D

kemudian untuk mendapatkan nilai D digunakan cara trial and error dengan microsoft Excel untuk mendapatkan momen di titik o = 0 . Didapat nilai D= 38.54735 sehingga didapat perhitungan pada tabel 4.34 – tabel 4.33

Tabel 4. 34 Perhitungan Tegangan Tanah Aktif

Tegangan tanah Horizontal							
Ket	Titik	$\sigma_v'$	$k_a$	$2c\sqrt{k_a}$	$\sigma_h = \sigma_v' k_a - 2c\sqrt{k_a}$	Tegangan Air Aktif	Tegangan Total
	1	10	0.406	0.00	4.06	0	4.06
Atas	2	85	0.406	0.00	34.50	50	84.50
Bawah		85	1	120.00	-35.00	50	15.00
	3	165	1	120.00	45.00	100	145.00
	4	221	1	120.00	101.00	135	236.00
Atas	5	277	1	120.00	157.00	170	327.00
Bawah		277	0.271	5.21	69.86	170	239.86
	6	565.39531	0.271	5.21	148.01	339.6443	487.66

Tabel 4. 35 Perhitungan Tegangan Tanah Pasif

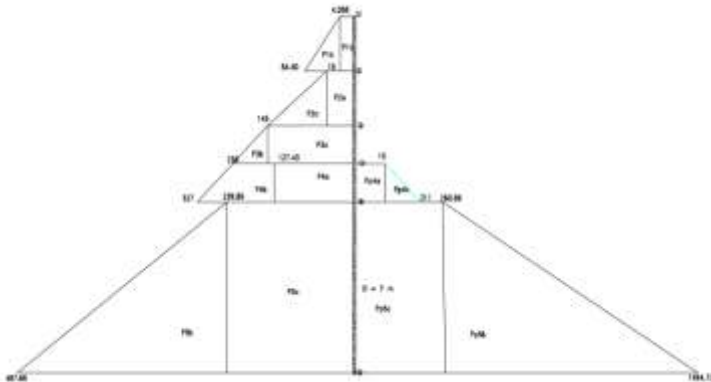
Tegangan Horizontal Pasif							
Ket	Titik	$\sigma_v'$	kp	$2c\sqrt{kp}$	$\sigma_h = \sigma_v'kp + 2c\sqrt{kp}$	Tegangan Air Pasif	Tegangan Total
	4	0	1	10	10	0	10
ATAS	5	56	1	120	176	35	211
BAWAH		56	3.69	19.21	225.86	35.00	260.86
	6	344.40	3.69	19.21	1290.09	204.64	1494.73

Tabel 4. 36 Perhitungan Momen Pendorong

Momen Dorong di titik O			
F	F	lengan	Momen
p1a=	20.29	31.46	638.51
p1b	201.10	30.63	6159.87
p2a=	75.00	26.46	1984.83
p2b=	325.00	25.63	8330.11
p3a=	507.50	22.21	11273.82
p3b=	159.25	21.63	3444.75
p4a=	826.00	18.71	15458.12
p4b=	159.25	18.13	2887.38
p5a	4069.06	8.48	34514.68
p5b	2101.86	5.65	11885.64
Total=			96577.70

Tabel 4. 37 Perhitungan Momen Penahan

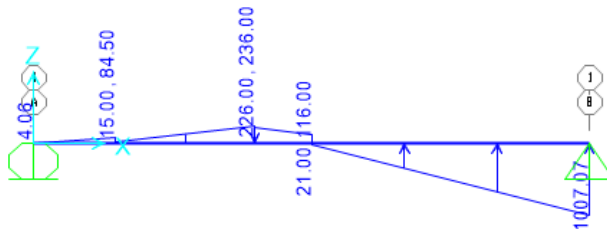
Momen Tahan di titik O			
F	F	Lengan	Momen
p4a=	35.00	18.71	655.01
p4b=	351.75	18.13	6377.61
p5a	3579.49	8.48	30362.04
p5b	10465.97	5.65	59183.09
Total			96577.75



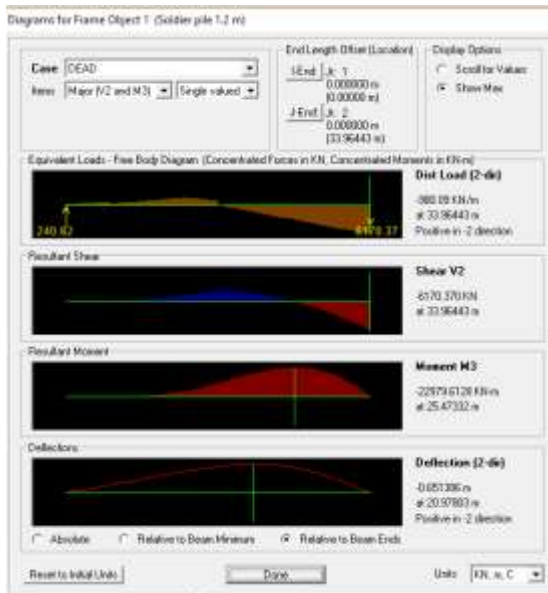
Gambar 4. 43 Gambar Diagram Tekanan Tanah Horizontal

- Mencari nilai momen Maksimum dan defleksi yang terjadi.  
Untuk mencari nilai momen dan defleksi yang terjadi , soldier pile dimodelkan sebagai balok dengan tumpuan

sendi dan rol dengan bantuan software SAP 2000 dan menginputkan beban trapesium seperti pada Gambar 4.43. Dari analisa struktur nilai momen dan defleksi dapat didapatkan. Besar nilai momen dan defleksi bisa dilihat pada Gambar 4.44 dan Gambar 4.45



Gambar 4. 44 Permodelan Soldier Pile

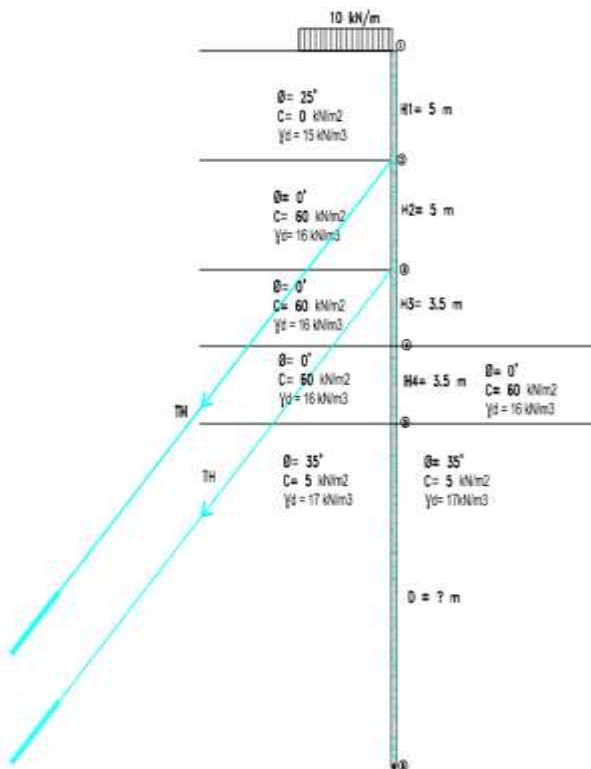


Gambar 4. 45 Nilai Momen dan deflesi

Nilai Momen dan defleksi dari desain alternatif pertama (Soldier pile tanpa ground anchor) sangat besar yaitu  $M_{max} = -22979.6128 \text{ kNm}$  dan defleksi =  $-0.651 \text{ m}$ . Maka desain tidak disarankan dan soldier pile harus didesain dengan perkuatan ground anchor.

#### 4.6.3 Soldier pile dengan perkuatan Ground Anchor

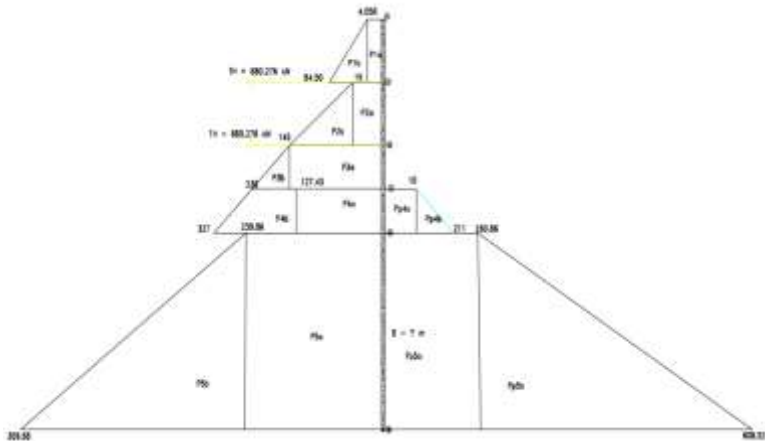
Perencanaan Soldier Pile dengan ground anchor bisa dilihat pada Gambar 4.46



Gambar 4. 46 Geometri Soldier Pile dengan Perkuatan Ground Anchore



Dari Perhitungan tekanan tanah Horizontal sebelumnya kita bisa melakukan perhitungan kedalaman D melalui cara coba coba menggunakan Software Microsoft Excel untuk mencari nilai M dititik  $l = 0$  dengan menambahkan nilai kontribusi momen dari Perkuatan Ground Anchore. Diagram tekanan bisa dilihat pada gambar 4.47



Gambar 4. 47 Diagram Tekanan Tanah dengan Perkuatan Ground Anchore

Dari Perhitungan tekanan, agar nilai  $M_1 = 0$  didapat nilai  $D = 4.3842$  m. Sehingga kedalaman bore pile yang tertanam adalah  $= 4.77992 + 3.5 = 8.279$  m. Panjang bore pile dari elevasi  $0.0 = 13.5 \text{ m} + 8.279 \text{ m} = 21.779$  m.

Perhitungan momen di  $M_1 = 0$ , diihitung dalam Tabel 4.38 sampai Tabel 4.342

Tabel 4. 38 Tekanan Tanah Aktif Horizontal

Tegangan tanah Horizontal							
Ket	Titik	$\sigma_v'$	$k_a$	$2c\sqrt{k_a}$	$\sigma_h = \sigma_v'k_a - 2c\sqrt{k_a}$	Tegangan Air Aktif	Tegangan Total
	1	10	0.406	0.00	4.06	0	4.06
Atas	2	85	0.406	0.00	34.50	50	84.50
Bawah		85	1.000	120.00	-35.00	50	15.00
	3	165	1.000	120.00	45.00	100	145.00
	4	221	1.000	120.00	101.00	135	236.00
Atas	5	277	1.000	120.00	157.00	170	327.00
Bawah		277	0.271	5.21	69.86	170	239.86
	6	358.3	0.271	5.21	91.88	217.8	309.68

Tabel 4. 39 Tekanan Tanah Pasif Horizontal

Tegangan Horizontal Pasif							
Ket	Titik	$\sigma_v'$	$k_p$	$2c\sqrt{k_p}$	$\sigma_h = \sigma_v'k_p + 2c\sqrt{k_p}$	Tegangan Air Pasif	Tegangan Total
	4	0	1.00	10	10.00	0	10.00
ATAS	5	56	1	120	176.00	35	211.00
BAWAH		56	3.690	19.210	225.86	35	260.86
	6	137.26	3.690	19.210	525.72	82.7995	608.52

Tabel 4. 40 Perhitungan Momen Pendorong

F	F	lengan	Momen
p1a=	20.29292586	2.5	50.73231465
p1b	201.098472	3.333333333	670.3282399
p2a=	75	7.5	562.5
p2b=	325	8.333333333	2708.333333
p3a=	507.5	11.75	5963.125
p3b=	159.25	12.33333333	1964.083333
p4a=	826	15.25	12596.5
p4b=	159.25	15.83333333	2521.458333
p5a	1146.511993	19.389975	22230.83888
p5b	166.8678668	20.18663333	3368.500442
Total	3586.771258	Total	52636.39988

Tabel 4. 41 Perhitungan Momen Penahan

F	F	Lengan	Momen
p4a=	35	15.25	533.75
p4b=	351.75	15.83333333	5569.375
p5a	1008.56945	19.389975	19556.13642
p5b	830.8981518	20.18663333	16773.03633
Total	2226.217602	Total	42432.29775

Tabel 4. 42 Perhitungan Momen Ground Anchore

F	F	Lengan	Momen
TH	680.2768	5	3401.384
TH	680.2768	10	6802.768
Total	1360.554	Total	10204.15



Nilai Momen dan defleksi dari desain alternatif pertama (Soldier pile tanpa ground anchor sangat besar yaitu  $M_{max} = 3993.4431$  kNm dan defleksi =  $0.063$  m =  $63$  mm . Maka desain bisa dipakai. Jarak Ground Anchor dibuat  $1.2$  m.

$$TH = 680.28 \times 1.2 = 816.336 \text{ kN}$$

#### 4.6.3.1 Perencanaan Tulangan Soldier Pile

- Penulangan Utama

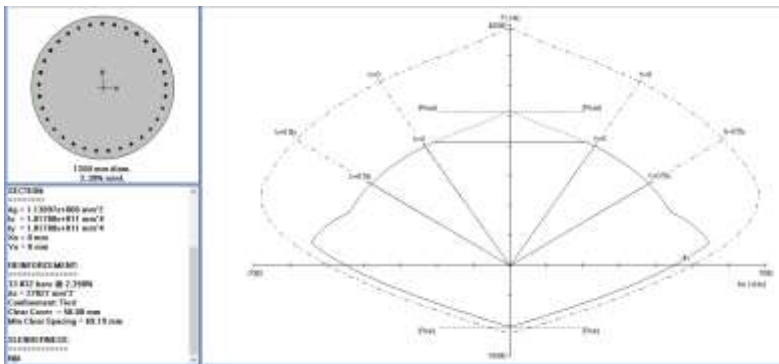
Penulangan utama soldier pile dihitung dengan bantuan software SpColumn dengan memasukkan nilai  $P_u$  dan  $M_u$ . Nilai  $P_u$  dan  $M_u$  didapat dari perhitungan perencanaan sebelumnya.

$$T = TH / \cos 45 = 816.336 / \cos 45 = 1154.46806$$

$$TV = T \sin 45 = 1154.46806 \times \sin 45 = 816.3321936$$

$M$  yang diterima soldier Pile =  $M_{mak} \times 1.2 = 3993.4431 \times 1.2 = 4792.131$  kNm

$$P_u = 2 \times 816.3321936 = 1632.664 \text{ kN}$$



Gambar 4. 50 Diagram Interaksi Soldier Pile 1200 x 1200 Dengan menggunakan SpColumn tulangan longitudinal Soldier pile didapat 33 D32.

- Penulangan Geser

$$V_u = 749011 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_c &= \emptyset \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \emptyset \frac{1}{6} \sqrt{30} \times \frac{1}{4} \pi 1200^2 \\ &= 774324.5233 \text{ N} > V_u = 749011 \text{ N}\end{aligned}$$

Tulangan Geser tidak diperlukan karena penampang beton sudah mampu mengatasi gaya geser yang terjadi. Bisa dipasang tulangan geser minimum. D13- 300

#### 4.6.4 Gaya *Uplift* untuk Pelat *Basement*

##### 4.6.4.1 Data Perencanaan

- Elevasi *Basement* = - 12 m
- Elevasi M.A.T = - 2.00 m
- $\gamma_{\text{air}}$  = 1 ton/m<sup>3</sup>
- Tebal pelat = 1/10 x 10 = 1 m

##### 4.6.4.2 Perhitungan Gaya *Uplift*

$$\begin{aligned}q_{\text{air}} &= \gamma_{\text{air}} \times h \\ &= 1000 \times ( 10 ) \\ &= 10000 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa  $q_{\text{air}}$  yang bekerja adalah sebesar 10000 kg/m<sup>2</sup>. Nilai  $q_{\text{air}}$  tersebut akan menjadi beban *uplift* pada pelat *basement*. Pada perencanaan *basement* akan direncanakan dengan tulangan rangkap hal ini bertujuan agar *basement* tidak mengalami defleksi saat terjadi *uplift*.

- Beban Mati
 

Pelat Lantai	= 2400 × 1	= 2400 kg/m <sup>2</sup>
<i>Ducting</i> dan <i>Plumbing</i>		= 30 kg/m <sup>2</sup>
Aspal		= 14 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (2cm)		= 42 kg/m <sup>2</sup>
$q_D$		= 2486 kg/m <sup>2</sup>
- Beban Hidup
 

$q_L$		= 400 kg/m <sup>2</sup>
-------	--	-------------------------

**4.6.4.3 Rekapitulasi Tulangan Pelat *Basement***

Dari beban diatas, penulangan *basement* yang digunakan untuk semua pelat direkap pada Tabel 4.43:

Tabel 4. 43 Rekapitulasi Tulangan Pelat *Basement*

Tulangan	Arah X	Arah Y
Tulangan Atas	D13 – 150 mm	D13 – 150 mm
Tulangan Bawah	D13 – 150 mm	D13 – 150 mm

## 4.7 Perencanaan Pondasi

### 4.7.1 Umum

Pondasi merupakan komponen struktur bangunan bawah yang berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban struktur atas ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pembahasan pada subbab perencanaan pondasi ini meliputi perencanaan jumlah tiang pancang dalam grup untuk menerima beban bangunan di atasnya dan perencanaan poer (*pile cap*).

### 4.7.2 Beban Struktur

Beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0.75L
- D + 0.7E
- D + 0.75L + 0.75(0.7E)
- 0.6D + 0.7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan kontrol dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi, dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

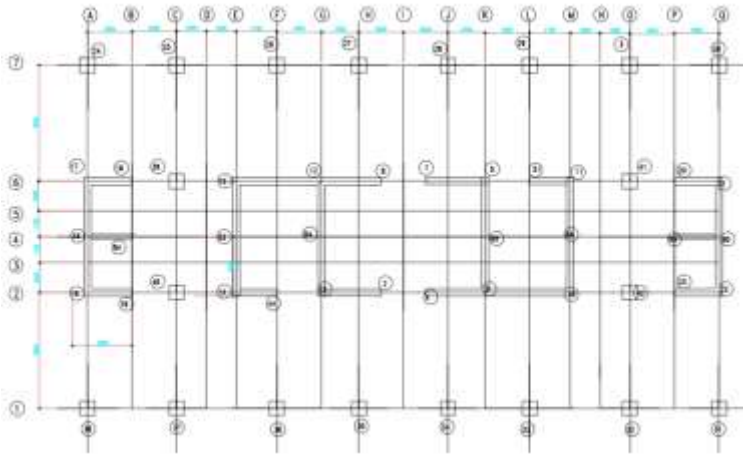
Dalam perencanaan pondasi Tower Caspian ini digunakan hasil analisa output joint reaction masing masing perletakan kolom dan shearwall dengan kombinasi beban ENVELOPE dari kombinasi beban SNI 2847 :2013 metoda tegangan ijin untuk mencari jumlah keperluan tiang pancang. Hasil output joint Reaction bisa dilihat pada tabel



Tabel 4. 44 Output Joint Reaction Pada pada Perletakan Kolom dan Shearwall

Stor y	Joint Label	Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Base	7	ENVELOPE Max	64.28	0.31	272.35	0.39	2.63	0.32
Base	8	ENVELOPE Max	-2.85	0.27	287.28	0.40	-0.20	0.75
Base	2	ENVELOPE Max	-4.38	0.63	272.35	0.96	-0.22	0.32
Base	4	ENVELOPE Max	74.01	0.55	287.28	1.00	3.21	0.75
Base	5	ENVELOPE Max	-10.60	-8.74	574.60	10.65	-1.37	0.16
Base	9	ENVELOPE Max	17.39	84.88	782.80	-0.52	3.60	2.12
Base	10	ENVELOPE Max	-2.62	81.46	636.38	-0.73	0.67	1.48
Base	11	ENVELOPE Max	-7.82	-8.72	567.29	11.87	-0.25	0.17
Base	12	ENVELOPE Max	10.70	-12.97	782.80	15.42	2.63	2.12
Base	13	ENVELOPE Max	65.65	80.73	574.60	-0.20	7.62	0.16
Base	14	ENVELOPE Max	56.97	87.47	567.29	0.26	7.05	0.17
Base	15	ENVELOPE Max	88.04	-11.74	636.38	10.93	12.28	1.48
Base	16	ENVELOPE Max	-2.69	0.27	218.25	0.22	-0.08	1.52
Base	17	ENVELOPE Max	50.05	-6.62	495.19	9.89	6.15	2.74
Base	18	ENVELOPE Max	53.02	73.69	519.08	-0.07	6.43	-0.09
Base	19	ENVELOPE Max	-4.28	1.12	228.48	1.02	-0.15	0.11
Base	20	ENVELOPE Max	50.41	0.23	228.48	0.33	1.87	0.11
Base	21	ENVELOPE Max	-7.12	-6.44	519.08	9.92	-0.10	-0.09
Base	22	ENVELOPE Max	-6.78	71.90	495.19	-0.20	0.07	2.74
Base	23	ENVELOPE Max	48.27	1.01	218.25	1.27	1.79	1.52
Base	24	ENVELOPE Max	8.89	5.99	1361.88	45.99	53.07	-0.13
Base	25	ENVELOPE Max	8.77	5.03	1665.57	47.59	52.93	-0.13
Base	26	ENVELOPE Max	8.01	5.00	1715.77	48.14	52.05	-0.13
Base	27	ENVELOPE Max	8.60	4.96	1688.17	48.50	52.73	-0.13
Base	28	ENVELOPE Max	8.36	4.86	1698.84	49.03	52.46	-0.13

Base	29	ENVELOPE Max	8.86	4.64	1733.8 8	49.6 5	53.0 3	- 0.13
Base	3	ENVELOPE Max	8.06	4.49	1696.3 0	50.1 8	52.1 1	- 0.13
Base	30	ENVELOPE Max	7.07	5.25	1384.3 3	49.5 9	50.9 4	- 0.13
Base	31	ENVELOPE Max	6.66	7.79	1361.8 8	46.6 0	48.9 8	- 0.13
Base	32	ENVELOPE Max	7.65	9.66	1665.5 7	45.1 0	50.1 4	- 0.13
Base	33	ENVELOPE Max	8.43	9.78	1715.7 7	44.6 3	51.0 6	- 0.13
Base	34	ENVELOPE Max	7.93	9.79	1688.1 7	44.2 3	50.4 8	- 0.13
Base	35	ENVELOPE Max	8.17	10.02	1698.8 4	43.7 3	50.7 5	- 0.13
Base	36	ENVELOPE Max	7.60	10.48	1733.8 8	43.1 3	50.0 9	- 0.13
Base	37	ENVELOPE Max	8.35	10.69	1696.3 0	42.5 1	50.9 6	- 0.13
Base	38	ENVELOPE Max	8.48	8.68	1384.3 3	43.0 1	51.1 2	- 0.13
Base	39	ENVELOPE Max	10.19	8.27	1906.5 2	44.2 4	54.1 0	- 0.13
Base	40	ENVELOPE Max	9.89	6.81	2012.1 1	46.0 7	53.2 8	- 0.13
Base	41	ENVELOPE Max	9.50	7.54	2012.1 1	47.1 7	53.3 0	- 0.13
Base	42	ENVELOPE Max	9.23	5.97	1906.5 2	48.8 8	52.5 0	- 0.13
Base	63	ENVELOPE Max	-5.62	-0.50	237.75	0.00	0.00	0.00
Base	64	ENVELOPE Max	52.52	1.43	237.75	0.00	0.00	0.00
Base	65	ENVELOPE Max	1.84	13.20	566.55	1.32	2.13	0.84
Base	66	ENVELOPE Max	1.24	13.47	455.60	1.38	2.42	1.88
Base	43	ENVELOPE Max	0.95	14.09	455.60	1.26	2.61	1.88
Base	80	ENVELOPE Max	0.78	13.43	566.55	1.33	3.12	0.84
Base	95	ENVELOPE Max	51.87	10.96	649.97	2.59	9.52	1.35
Base	96	ENVELOPE Max	- 12.07	12.55	649.97	2.44	0.24	1.35
Base	97	ENVELOPE Max	- 12.46	0.49	196.83	0.58	-0.33	0.48
Base	98	ENVELOPE Max	44.07	0.54	196.83	0.48	1.84	0.48



Gambar 4. 51 Denah Label Joint Reaction

#### 4.7.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun piles Produk dari PT. WIKA Beton.

- Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat
- Mutu beton tiang pancang  $f'_c = 52$  MPa (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days*).

Berikut ini merupakan spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan berdasarkan produk dari PT. WIKA Beton:

- Diameter tiang = 800 mm
- Tebal tiang = 120 mm
- Kelas tiang = A1
- Penampang = 2563.54 cm<sup>2</sup>
- Berat = 641 kg/m
- Panjang = 6 – 20 m
- *Bending moment crack* = 40 t.m
- *Beding momen ultimate* = 60 t.m
- *Allowable axial load* = 415 ton

#### 4.7.4 Data Tanah

Pondasi suatu bangunan harus direncanakan sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah sesuai lokasi bangunan itu dibangun. Untuk perencanaan pondasi hal utama yang diperlukan adalah data tanah. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon merupakan data tanah hasil uji PT. LAPIITB.

#### 4.7.5 Daya Dukung Pondasi

##### 4.7.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Nilai daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga, daya dukung total dari tanah ialah penjumlahan dari nilai  $Q_p$  dan nilai  $Q_s$ .

Perencanaan pondasi tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu:

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari Terzaghi Bazaraa 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir belempong, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ .

- $N_1 = 15 + 0.5 (N-15)$
- $N_1 = 0.6N$

Pilih harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua rumus diatas

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan dimana harga  $N$  tersebut didapatkan, dengan rumus sebagai berikut:

$$- N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4P_o} \rightarrow \text{untuk } P_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2$$

$$- N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1P_o} \rightarrow \text{untuk } P_o > 7.5 \text{ ton/m}^2$$

Harga  $N_2$  yang telah dihitung harus lebih kecil dari  $2N_1$ , apabila  $N_2 > 2N_1$ , maka nilai  $N_2$  dibuat menjadi  $2N_1$

3. Menghitung daya dukung *ultimate* tiang

$$Q_{ult} = C_n A_{ujung} + \sum C_{li} A_{si}$$

Dimana:

$$C_{li} = \text{Hambatan geser selimut tiang pada segmen } i$$

$$= \frac{N_i}{2} \text{ untuk tanah lempung / lanau}$$

$$= \frac{N_i}{5} \text{ untuk tanah pasir}$$

$$A_{si} = \text{Luas selimut tiang pada segmen } i = O_i \times h_i$$

$$O_i = \text{Keliling tiang}$$

$$C_n = 40 \bar{N}$$

$$\bar{N} = \text{Harga rata-rata } N_2 \text{ 4D dibawah ujung hingga 8D diatas}$$

Maka:

$$P_{ult} = 40 \bar{N} A_{ujung} + \sum \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} A_{si}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{SF}$$

Pada tugas akhir ini, digunakan nilai angka keamanan sebesar 3 ( $SF = 3$ ).

### Contoh Perhitungan

Mencari daya dukung ijin berdasarkan harga SPT dan Data Bor Log pada kedalaman 6 meter untuk pondasi tiang beton precast berdiameter 800 mm

Diameter (D)	: 0.8 m
Luas Pancang	: 0.502655 m <sup>2</sup>
Keliling	: 2.513274
Allow axial Load	: 415 ton
4D	: 3.2 m
8D	: 6.4 m
Tinjauan/Layer	: 0.5 m

Untuk mendapatkan nilai tahanan pada ujung tiang (end bearing capacity) maka diperlukan nilai NSPT terkoreksi dari 8D diatas dan 4D dibawah kedalaman yang ditinjau. Dengan menggunakan NSPT dan jenis tanah seperti pada Tabel 4.45 dan Tabel 4.46

Tabel 4. 45 Data Tanah 0-3.2

Depth	L/P	N <sub>SPT</sub>	N1
0			
0.5	L	0	0
1	L	0	0
1.5	L	5	5
2	L	7.5	7.5
2.5	L	10	10
3	L	12.5	12.5
3.5	L	15	15

### 1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir belempong, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ .

$$- N_1 = 15 + 0.5 (N-15)$$

$$- N_1 = 0.6N$$

Dan bila syarat yang tertulis tidak dapat terpenuhi maka  $N_1=N$  (nilai  $N_{spt}$  tetap).

### 2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan dimana harga  $N$  tersebut didapatkan, dengan rumus sebagai berikut:

$$- N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4P_o} \rightarrow \text{untuk } P_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2$$

$$- N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1P_o} \rightarrow \text{untuk } P_o > 7.5 \text{ ton/m}^2$$

Harga  $N_2$  yang telah dihitung harus lebih kecil dari  $2N_1$ , apabila  $N_2 > 2N_1$ , maka nilai  $N_2$  dibuat menjadi  $2N_1$

Perhitungan tegangan overburden ( $P_o$ ) pada setiap lapis tinjauan :

$$0 \text{ m} \quad P_o = 0$$

$$0.5 \text{ m} \quad P_o = 0.5 \times \gamma' = 0.5 \times 0.6 = 0.3$$

$$1 \text{ m} \quad P_o = P_o \text{sebelum} + 0.5 \times \gamma' = 0.3 + (0.5 \times 0.6) = 0.6$$

$$1.5 \text{ m} \quad P_o = P_o \text{sebelum} + 0.5 \times \gamma' = 0.6 + (0.5 \times 0.6) = 0.9$$

$$2 \text{ m} \quad P_o = P_o \text{sebelum} + 0.5 \times \gamma' = 0.9 + (0.5 \times 0.6) = 1.2$$

### 3. Menentukan $N$ rata rata ujung, $N$ rata rata ujung dihitung dari rata rata nilai $N$ spt 8D diatas dan 4D dibawah kedalaman yang ditinjau. Untuk $N$ rata rata pada kedalaman 3.2 m adalah pada tabel

Tabel 4. 46 Nilai N Terkoreksi N1 dan N2

Depth	L/P	N <sub>SPT</sub>	N1	$\gamma_m$	po	N2	2N1	K N2	Ni
0									
0.5	L	0	0	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1	L	0	0	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	L	5	5	1.6	0.9	14.7	10.0	10.0	5.0
2	L	7.5	7.5	1.6	1.2	20.3	15.0	15.0	7.5
2.5	L	10	10	1.6	1.5	25.0	20.0	20.0	15.0
3	L	12.5	12.5	1.6	1.8	29.1	25.0	25.0	20.0
3.5	L	15	15	1.6	2.1	32.6	30.0	30.0	25.0
4	L	13.75	13.8	1.8	2.5	27.5	27.5	27.5	26.3
4.5	L	12.5	12.5	1.8	2.9	23.1	25.0	23.1	26.6
5	L	11.25	11.3	1.8	3.3	19.4	22.5	19.4	23.4
5.5	L	10	10	1.8	3.7	16.1	20.0	16.1	19.6
6	L	10.75	10.8	1.8	4.1	16.3	21.5	16.3	17.8
6.5	L	11.5	11.5	1.8	4.5	16.4	23.0	16.4	16.3

#### 4. Menghitung daya dukung ijin tiang Tunggal

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Contoh perhitungan  $Q_u$  pada kedalaman 6 m

Dimana  $Q_p$  adalah daya dukung ujung tiang

$$Q_p = C_n \times A_{ujung} = 40 (16.8) \times 0.5026 = 337.74 \text{ ton}$$

Dan  $Q_s$  adalah daya dukung akibat friksi tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= \sum C_{fi} A_{si} \\ &= (211.6 + (2.5 \times 8.9)) = 234.1 \text{ ton} \end{aligned}$$

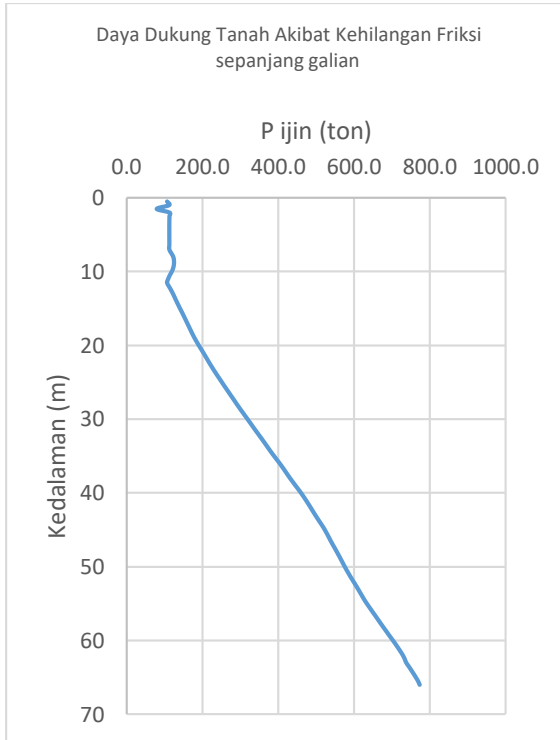
$$Q_{ult} = 337.74 + 234.1 = 572.4 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = Q_{ult}/3 = 190.8 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tanah ditabelkan pada tabel lampiran



Perhitungan daya dukung tanah diatas merupakan daya dukung yang dihitung pada elevasi 0. Karena Tower Caspian memiliki kedalaman basement 12 m maka daya dukung akibat friksi (lekatan) bernilai 0 sehingga daya dukung tanah berubah akibat hilangnya friksi sepanjang galian basement. Sehingga didapat daya dukung tanah Qijin Tanah = 411 ton pada kedalaman 36.5 m



Gambar 4. 52 Grafik Daya Dukung Tanah

#### 4.7.5.2 Jarak Antar Tiang Pancang

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jaraknya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang grup sebesar 1.2 meter.

- Jarak antar tiang = 2.5 D  
= 200 cm
- Jarak tepi tiang = 100 cm

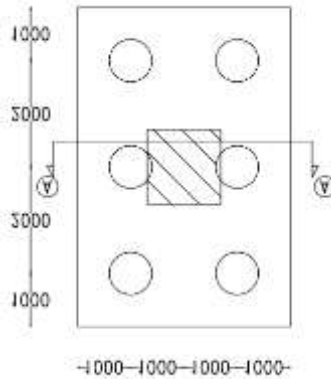
#### 4.7.5.3 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang dalam Grup

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang grup dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen dari joint reaksi hasil analisa Struktur. Dimana momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, sehingga dalam pengecekan efisiensi tiang dalam grup perlu memperhatikan gaya tarik dan tekan pada tiang (Nilai Envelope Max dan Nilai Envelope Min). Namun dalam perhitungan didapat nilai gaya tarik tiang lebih kecil dari nilai friksi tanah sehingga yang diperhitungkan hanya gaya tekan saja, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{\max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_x Y_{\max}}{\sum Y^2} \leq P_{\text{ijin dalam grup}}$$

Kontrol Efisiensi tiang dalam grup ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya penulis terlebih dahulu menentukan jumlah tiang pancang dalam group dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan grup tiang pancang tipe 1 dan Tipe 3 dengan kombinasi beban 1D + 1L. Dimana dalam perhitungan P tiang pada Pile Cap tipe 2, tipe 3 dan tipe 4 perlu memperhatikan eksentrisitas gaya sesuai dengan koordinat penempatan tiang pancang pada pile cap. Dimana nilai momen arah x dan nilai momen arah y akan ditambah dengan gaya Fz dikali dengan jarak eksentrisitas masing-masing arah sesuai koordinat pusat masa Pile Cap, dan nilai total aksial gaya Fz merupakan jumlah total gaya Fz dari masing-masing komponen gaya dari kolom maupun shearwall dari joint reaction yang menumpu pada pile cap.

## 1. Kontrol Efisiensi Tiang pada Pile Cap Type 1



Gambar 4. 53 Tiang Pancang Grup 1

Pondasi pada label 32

$$P = 1665.57 \text{ ton}$$

$$n = 6 \text{ tiang}$$

$$\begin{aligned} M_x &= M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) \\ &= 53.74 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) \\ &= 59.80 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$X_{\text{max}} = 1 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 2 \text{ m}$$

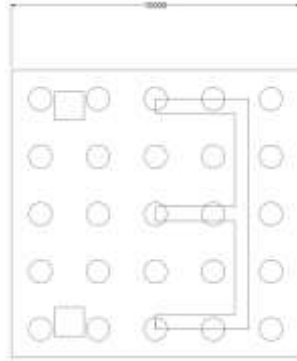
$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= \frac{1665.57}{6} + \frac{53.74(2)}{3(2)} + \frac{59.80(1)}{2(2)} \\ &= 291.96 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_e &= 1 - \frac{\text{arc.tan}(D/S)}{90} \times \left[ 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right] \\ &= 71.7 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin dalam grup}} &= C_e \times P_{\text{ijin 1 tiang}} \\ &= 0.71 \times 415 \\ &= 293.7 \text{ ton} > P_{\text{mak}} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

## 2. Kontrol Efisiensi Tiang pada Pile Cap Tipe 3

Desain Pile Cap Tipe 3 bisa dilihat pada Gambar 5.54 Pada Pile Cap Tipe 3 ini jarak antar tiang pancang sebesar 2 m.



Gambar 4. 54 Tiang Pancang Grup PC Tipe 3

Dalam perhitungan efisiensi Tiang dalam grup pada tipe pile cap 3 ini, Joint Label yang digunakan adalah gabungan dari joint-joint Shear Wall dan dua Kolom. Dimana Nilai P adalah jumlah reaksi akibat beban aksial pada joint reaction, sedangkan nilai M total adalah nilai M masing-masing arah yang dan ditambah dengan Gaya Fz dikalikan dengan eksentrisitas terhadap pusat Pile Cap.

$$P_{\text{tot}} = 6226.43 \text{ ton}$$

$$n = 25 \text{ tiang}$$

$$\begin{aligned} M_x &= M_{x_{\text{tot}}} + (H_y \times t_{\text{poer}}) \\ &= -6490.28 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= M_{y_{\text{tot}}} + (H_x \times t_{\text{poer}}) \\ &= 747.41 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$X_{\text{max}} = 4 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= \frac{6226.43}{25} + \frac{-6490.28(4)}{5(4)} + \frac{747.41(4)}{5(4)} \\ &= -38.1 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C_e = 1 - \frac{\text{arc.tan}(D/S)}{90} \times \left[ 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right]$$

$$= 61.2 \%$$

$$P_{\text{ijin dalam grup}} = C_e \times P_{\text{ijin 1 tiang}}$$

$$= 0.71 \times 415$$

$$= 297.7 \text{ ton} > P_{\text{mak}} \text{ (OK)}$$

Terdapat gaya tarik pada tiang sebesar 38.1 ton dan berdasarkan daya dukung tanah akibat friksi, nilai tarik tiang lebih kecil dari gaya friksi Tanah  $(C_l \times A)/5 = 182.859 \text{ ton}$  maka pondasi aman digunakan.

Dengan cara yang sama dihitung untuk semua base point dalam perhitungan dalam tabel 4.47 dan Tabel 4.48

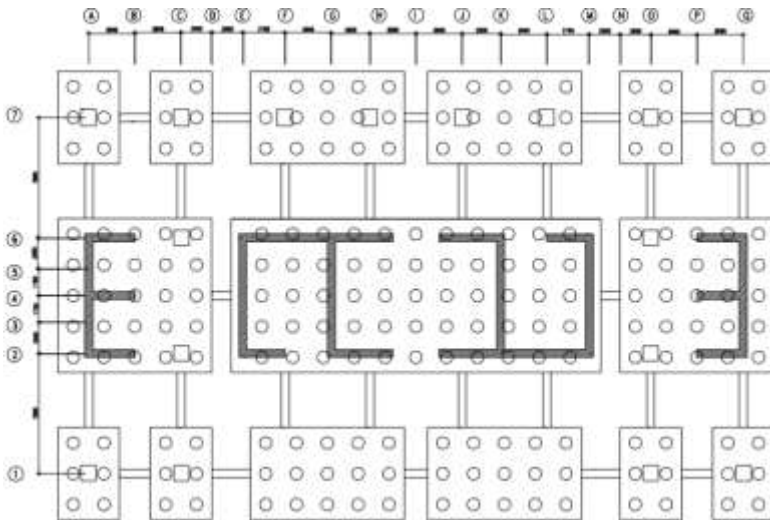
Tabel 4. 47 Perhitungan Tiang Pancang dalam Grup (kolom)

Poin	Depth	Load FZ (ton)	Ce (%)	Mx	My	n pak ai	P ma x	Allo w Axi al Loa d	Eff Daya Dukung tiang (ton)(ASTH)
24	36.5	1361.88	71.7 %	54.88	59.06	6	238.9	415.0	297.72
25	36.5	1665.57	71.7 %	56.36	57.97	6	289.5	415.0	297.72
26	36.5	1715.77	67.7 %	56.16	57.05	9	198.9	415.0	280.96
27	36.5	1688.17	71.7 %	57.10	57.70	6	293.3	415.0	297.72
28	36.5	1698.84	71.7 %	57.39	57.31	6	295.1	415.0	297.72
29	36.5	1733.88	67.7 %	58.51	57.68	9	201.1	415.0	280.96
3	36.5	1696.30	71.7 %	58.25	56.60	6	294.6	415.0	297.72

30	36.5	1384. 33	71.7 %	56. 65	56. 18	6	242 .5	415. 0	297.72
31	36.5	1361. 88	71.7 %	53. 26	56. 77	6	243 .1	415. 0	297.72
32	36.5	1665. 57	71.7 %	52. 74	59. 80	6	292 .0	415. 0	297.72
33	36.5	1715. 77	67.7 %	53. 07	60. 84	9	200 .1	415. 0	280.96
34	36.5	1688. 17	71.7 %	52. 17	60. 27	6	295 .4	415. 0	297.72
35	36.5	1698. 84	71.7 %	51. 89	60. 77	6	297 .2	415. 0	297.72
36	36.5	1733. 88	67.7 %	50. 73	60. 57	9	202 .8	415. 0	280.96
37	36.5	1696. 30	71.7 %	50. 86	61. 64	6	296 .8	415. 0	297.72
38	36.5	1384. 33	71.7 %	51. 50	59. 79	6	247 .1	415. 0	297.72

Tabel 4. 48 Perhitungan Tiang Pancang dalam Grup  
(ShearWall)

Point	D	Load FZ (t)	Ce (%)	Mx	My	n	P max	Allo w Axia l Loa d	Eff Daya Duku ng tiang (t)	Che ck
SW TENGAH GABUNG AN	36. 5	8761. 23	58.6 %	456.20	397. 17	5 5	168. 5	415	243.2	OK
SW 4+ Kolom	36. 5	6120. 84	61.2 %	- 6153.1 3	113. 17	1 6	- 57.2	415. 0	254.2	OK
SW 1+ Kolom	36. 5	6226. 43	61.2 %	- 6490.2 8	747. 41	1 7	- 38.1	415. 0	254.2	OK



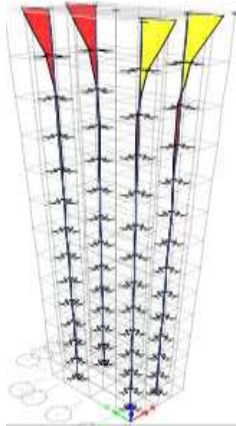
Gambar 4. 55 Denah Pondasi

#### 4.7.5.4 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral

Kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral menggunakan analisa spring. Analisa spring dilakukan dengan memodelkan tiap tiang pondasi grup dengan memasukkan gaya gaya akibat beban bangunan atas dan memasukkan nilai spring dengan jarak segmen 2 meter. Nilai  $K_s$  dihitung berdasarkan nilai Korelasi  $K_s$  (Bowless, 1996)

Tabel 4. 49 Korelasi  $K_s$  (Bowless)

Soil	$K_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$K_s$ (t/m <sup>3</sup> )
<b>Sandy Soil</b>		
Loose sand	4800 - 16000	480 - 1600
Medium dense sand	9600 - 80000	960 - 8000
Dense Sand	32000 - 128000	6400 - 12800
<b>Clayey medium dense sand</b>		
	32000 - 80000	3200 - 8000
<b>Silty medium dense sand</b>		
	24000 - 48000	2400 - 4800
<b>Clayey Soil</b>		
$q_u < 200$ kPa	12000 - 24000	1200 - 2400
$200 < q_u < 800$ kPa	24000 - 48000	2400 - 4800
$q_u > 800$ kPa	> 48000	> 4800



Gambar 4. 56 Permodelan Analisa Spring (PC Tipe 1)



Gambar 4. 57 Hasil Output Analisa Spring dengan ETABS 2013

Berdasarkan diagram diatas didapatkan nilai momen maksimum pada spun pile akibat gaya gempa sebesar 15.93 t.m.

Bending Moment Crack Spun Pile (40 tm) / (SF=2) > M  
max  
20 t.m > 15.93 t.m (**OK**).



#### 4.7.6 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Berikut data-data yang diperlukan untuk perancangan poer:

B Kolom	= 1400 mm
L Kolom	= 1400 mm
D TP	= 800 mm
$P_u$	= 1665.57 ton
$P_{\max 1 \text{ tiang}}$	= 291.96 ton
n TP	= 6 buah
B Poer	= 4 m
L Poer	= 5.2 m
T Poer	= 1 m
$f'_c$	= 40 MPa
$f_y$	= 420 MPa
$D_{\text{tulangan}}$	= 29 mm
Cover	= 75 mm
$\lambda$	= 1 (beton normal)
$\alpha_s$	= 20 (kolom sudut)
$d_x$	= $1000 - 75 - 0.5(29) = 910.5 \text{ mm}$
$d_y$	= $1000 - 75 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 881.5 \text{ mm}$

##### 4.7.6.1 Kontrol Geser Ponds

###### 1. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non- prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan SNI 2847:2012 pasal 11.11.2.1 nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek  
=  $6000/4000 = 1.5$

$b_o$  = Keliling penampang kritis  
=  $2 (b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$   
=  $2 (1400 + 910.5) + 2 (1400 + 910.5)$   
= 9242 mm

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1,5}\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 9242 \times 910.5 \\ &= 21110650 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 910.5}{9242} + 2\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 9242 \times 910.5 \\ &= 17538122.32 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 9242 \times 910.5 \\ &= 17722302.43 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $17538122.32 \text{ N} = 1753812.232 \text{ Kg}$

$$\phi V_c = 0,75 \times = 1753812.232 = 1315359.174 \text{ kg}$$

$$= 1315.359 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1315.359 \text{ ton} > P_u - P_{\text{pile}}$$

$$\phi V_c = 1315.359 \text{ ton} > 1665.57 - (291.96 \times 2)$$

$$= 1315.359 \text{ ton} > 1081.65 \text{ ton (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

## 2. Akibat Pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$= 6000/4000 = 1.5$$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (800 + 910.5))$$

$$= 1343.423 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1.5}\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 1343.423 \times 910.5$$

$$= 3068657.594 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 910.5}{1343.423} + 2\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 1343.423 \times 910.5$$

$$= 9987775.693 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 1343.423 \times 910.5$$

$$= 2576125.157 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $2576125.157 \text{ N} = 257612.5157 \text{ kg}$

$$\phi V_c = 0,75 \times 2.5157 = 193209.34 \text{ Kg}$$

$$= 193.209 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 193.209 \text{ ton} > P_{\text{mak}}$$

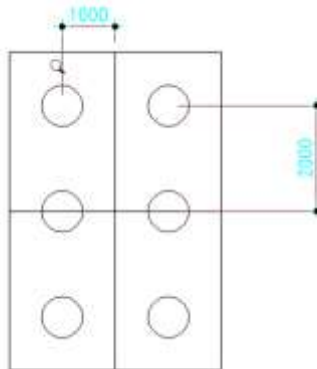
$$= 193.209 \text{ ton} > 291.96 \text{ ton (Not OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer perlu ditambah menjadi 1200 mm  
 Berdasarkan perhitungan redesain ketebalan poer 1200 mm didapat nilai geser  $\phi V_c > P_{\text{mak}}$

#### 4.7.6.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, dalam perhitungan poer / Pile Cap Tipe 1 poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu. Sedangkan dalam perhitungan poer Pile Cap Tipe 2, 3 dan 4 perhitungan dianalisa menggunakan software ETABS. Dimana Pile Cap dimodelkan sebagai pelat dengan memasukkan beban joint load arah  $-Z$  dengan nilai masing masing P Max tiang pancang yang sudah di cari akibat beban kombinasi LRFD . Perletakan pelat disamakan dengan perletakan jepit sesuai kondisi penempatan SW dan kolom seoperti denah perencanaan. Dalam tugas akhir ini terdapat contoh perhitungan penulangan poer / Pile Cap Tipe 1 dan Pile Cap Tipe 3.

- **Perhitungan Pile Cap Tipe 1**
- 1. Penulangan Tarik Arah X**



Gambar 4. 58 Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 291.96 \text{ ton} \\
 P &= 2 \times 291.96 = 583.92 \text{ ton} \\
 q &= 4 \times 2.4 \times 1.2 = 11.52 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 11.52 \text{ ton/m} \times 1,2 = 13.824 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 M_u &= P (a) - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\
 &= (583.92 \times (2)) - (\frac{1}{2} \times 13.824 \times (3)^2) \\
 &= 1105.632 \text{ t.m} \\
 &= 11056320000 \text{ N.mm} \\
 d_x &= 1200 - 75 - \frac{1}{2} 29 = 1110.5 \text{ mm} \\
 d_y &= 1200 - 75 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1081.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Mencari  $\rho$  min

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,003765$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033333$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,003765$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,353$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{11056320000}{6000 \times 1110,5^2} = 1,494$$

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

$$= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,494}{420}} \right) = 0,00363$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,003765$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,003765 \times 1000 \times 1025,5 = 4181,0325 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4181.0325}{660,7857} = 7 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{7} = 142 \text{ mm} \approx 130 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–130 mm

## 2. Penulangan Tekan Arah X

$$A_s = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ Tarik}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 4181.0325 = 2090.51 \text{ mm}^2$$

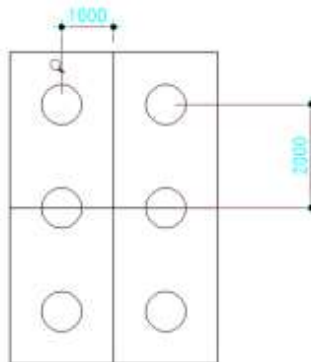
Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,13 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{2090.51}{380,13} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–150 mm

## 3. Penulangan Tarik Arah Y



Gambar 4. 59. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y)

$$P_{\max} = 291.96 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 291.96 = 875.88 \text{ ton}$$

$$q = 4 \times 2.4 \times 1.2 = 11.52 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 11.52 \text{ ton/m} \times 1,2 = 13.824 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$M_u = P (a) - \frac{1}{2} q_u x. L^2$$

$$= (875.88 \times (1)) - (\frac{1}{2} \times 13.824 \times (2)^2)$$

$$= 848.232 \text{ t.m}$$

$$= 8482320000 \text{ N.mm}$$

$$d_x = 1200 - 75 - \frac{1}{2} 29 = 1110.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 75 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1081.5 \text{ mm}$$

- Mencari  $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,003765$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033333$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,003765$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,353$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{8482320000}{4000 \times 1081,5^2} = 1,81$$

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

$$= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,81}{420}} \right) = 0,00443$$

$$\rho > \rho_{\min} \rightarrow \rho = 0,00443$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_y$$

$$= 0,00443 \times 1000 \times 1081,5 = 4791,045 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4791,045}{660,7857} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–120 mm

#### 4. Penulangan Tekan Arah Y

$$A_s = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ Tarik}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 4791,045 = 2395,5225 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,13 \text{ mm}^2$ )

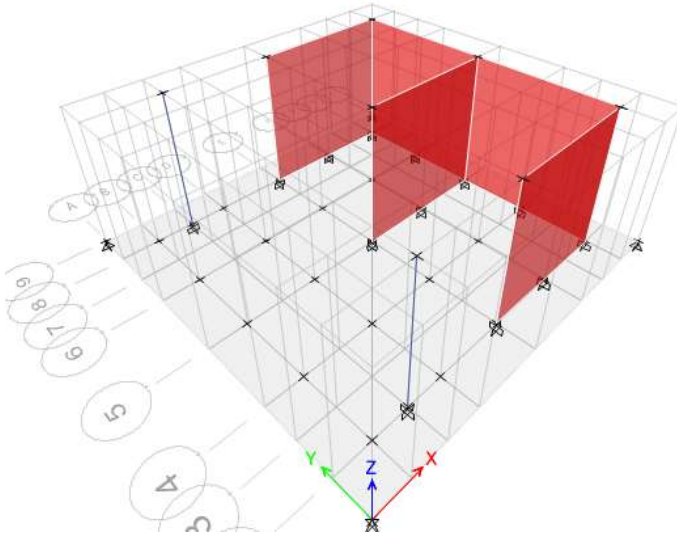
$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{2395,5225}{380,13} = 7 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang =  $\frac{1000}{7} = 142.85 = 120 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur atas D22–120 mm

- **Perhitungan Penulangan Pile Cap Tipe 3**  
**Permodelan Pembebanan Pile Cap**

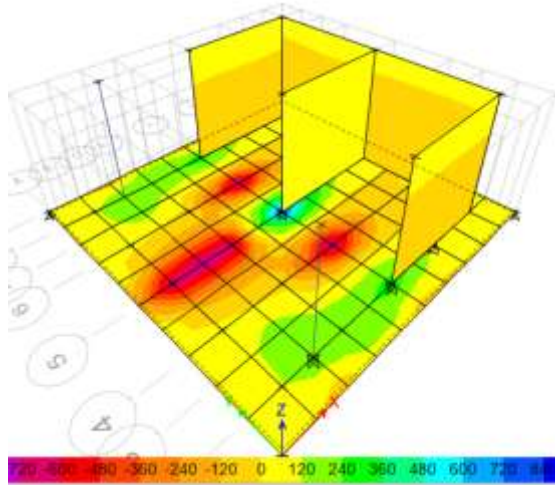
Pile Cap dimodelkan sebagai pelat dengan tebal 1200 mm dengan perletakan jepit pada posisi tumpuan SW dan kolom, serta diinputkan beban joint load dengan masing masing nilai P max tiap tiap pancang. Tabel perhitungan beban joint load akibat masing masing tiang pancang, terdapat pada Tabel 6.3 di lampiran.



Gambar 4. 60 Permodelan Pile Cap Tipe 3

Bedasarkan analisa struktur pada ETABS didapat nilai Momen arah x dan arah y, dapat dilihat pada gambar 4.59.





Gambar 4. 61 Nilai momen dari hasil analisa struktur Dari hasil tabel analisa struktur didapat nilai  $Mu_x$  sebesar 2028.542 kNm, dan  $Mu_y$  sebesar 1151.298 kNm Sehingga dengan nilai  $Mu$  besar tulangan penulangan pile cap bisa dicari, seperti pada perhitungan sebelumnya didapat hasil penulangan pile cap adalah :

Digunakan tulangan lentur arah x D29–120 mm dan Digunakan tulangan lentur arah y D29–130

#### 4.7.7 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom. Berikut data-data perencanaan sloof:

$b$	= 500 mm
$h$	= 700 mm
$A_g$	= 350000 mm <sup>2</sup>
$f'_c$	= 40 MPa

$$\begin{aligned}
 f_y &= 420 \text{ MPa} \\
 \text{cover} &= 40 \text{ mm} \\
 D \text{ utama} &= D19 \\
 D \text{ sengkang} &= D10 \\
 d &= 700 - (50 + 10 + \frac{1}{2} 19) \\
 &= 630.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diasumsikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof sebagai berikut:

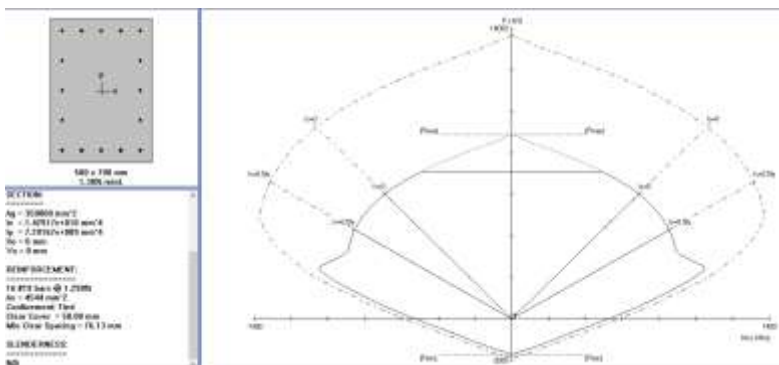
$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.4 (0.5) (0.7) (2400) \\
 &= 1176 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$L_{\text{sloof}} = 3.55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 \\
 &= \frac{1}{8} 1176 (3.55)^2 \\
 &= 1852 \text{ kgm} \\
 &= 18.525 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$P_u = 1665.57 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 10\% P_u \\
 &= 166.557 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 62 Diagram Interaksi P-M Sloof  
Didapatkan dari output SpColumn bahwatulangan yang  
dibutuhkan 16D19

- Penulangan Geser Sloof

$$\begin{aligned} V_u &= 0.5 q_u L \\ &= 0.5 (1176) 3.55 \\ &= 2087.4 \text{ kg} \\ &= 20874 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{bd \sqrt{f'_c}}{6} \\ &= \frac{500(630.5)\sqrt{40}}{6} \\ &= 332302.6775 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 249227 \text{ N} > V_u = 2087 \text{ N}$$

∴ Tulangan geser tidak diperlukan, pakai tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} s_{\max 1} &= 630.5/2 \\ &= 315.275 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s_{\max 2} = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_v \min &= \frac{bs}{3f_y} \\ &= \frac{500(315.275)}{3(420)} \\ &= 125.109 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ Digunakan sengkang 2 D10 – 150 m

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut:

1. Berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013, didapatkan hasil perhitungan dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Tabel 5. 1 Dimensi Struktur Sekunder

<b>Struktur Sekunder</b>				
<b>Elemen</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Pelat	Lantai	Pracetak	8	cm
	Atap	Komposit	14	cm
Balok Anak	B1A	Pracetak Komposit	35/36	cm
	B2A			cm
	B3A		35/50	cm
	B4A		cm	
Tangga	Pelat Tangga	Cast-in situ	17	cm
	Pelat Bordes		15	cm

Tabel 5. 2 Dimensi Struktur Primer dan Pondasi

<b>Struktur Primer</b>				
<b>Elemen</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Balok Induk	B1	Pracetak	50/56	cm
		Komposit	50/70	cm
	B2	Pracetak	50/56	cm
		Komposit	50/70	cm
	B3	Pracetak	50/56	cm
		Komposit	50/70	cm
	B4	Pracetak	50/56	cm

	B5	Komposit	50/70	cm
		Pracetak	50/56	cm
	B6	Komposit	50/70	cm
		Pracetak	50/56	cm
	B7	Pracetak	50/56	cm
		Komposit	50/70	cm
Kolom	Lt. B2-GF	Pracetak	140/140	cm
	Lt GF-Lt 5	Pracetak	130/130	cm
	Lt 6-10	Pracetak	120/120	cm
	Lt11-20	Pracetak	110/110	cm
	Lt 21-30	Pracetak	100/100	cm
	Lt31-40	Pracetak	80/80	cm
<i>Shearwall</i>	Tipikal	Cast-in situ	50	Cm
Pile Cap	Tipe 1	Cast-in situ	600x400x120	cm
	Tipe 2	Cast-in situ	600x1000x120	cm
	Tipe 3	Cast-in situ	1000x1000x120	cm
	Tipe 4	Cast-in situ	1400x1000x120	cm
SpunPile	Tipikal	Diameter	80	cm

		Kedalaman	-36.5	m
Soldier Pile (Bore Pile)	Tipikal	Diameter	1200	mm
			-21.384	m

2. Analisa struktur gedung Apartemen Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon menggunakan program bantu ETABS 2013. Perhitungan respon spectrum dibantu oleh website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id), dengan wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726 : 2012.
3. Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727 : 2013. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan peraturan di atas.
4. Sistem sambungan pada elemen kolom pracetak menggunakan produk sambungan coupler sleeve dari NMB Splice Sleeve yaitu dengan menggunakan konsep sleeve yang ditanam pada kolom lalu dilakukan inject grouting dengan produk dari SS Mortar agar sambungan menjadi monolit.
5. Sistem sambungan pada elemen balok induk dengan kolom maupun balok induk dengan balok anak menggunakan produk dari Peikko Group, yaitu menggunakan Modix Rebar Coupler, setelah di sambungan maka akan di grouting dengan produk SS Mortar.
6. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali tangga, dinding geser, balok yang diapit oleh dinding geser, pelat basement, dan pile cap untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan.
7. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang produk WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan pile cap berdasarkan metode tegangan desain.

8. Hasil dari perencanaan dan analisa struktur gedung Apartemen Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon akan dituangkan pada gambar teknik pada lampiran

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan penulis antara lain:

1. Perencanaan sambungan pracetak menggunakan sambungan *coupler* dan *splice sleeve* dapat mempersingkat waktu pengerjaan, namun dalam penerapan di lapangan harus dipertimbangkan mengenai biaya.
2. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, gambaran mengenai konsep desain sambungan yang akan diterapkan pada elemen pracetak sangatlah penting. Karena dengan adanya gambaran mengenai konsep desain sambungan ini, kita akan mengetahui apakah sambungan yang direncanakan dapat diterapkan atau tidak.
3. Pada saat ereksi dan instalasi sambungan elemen pracetak, dibutuhkan pengawasan yang baik agar proses ereksi dan instalasi sambungan dapat berjalan sesuai dengan rencana dan tidak terjadi kegagalan struktur akibat gaya tak terduga pada saat proses pengangkatan.
4. Pada saat merencanakan metode pracetak ini harus memikirkan kemudahan aplikasi di lapangan termasuk ketersediaan stock yard dan peralatan yang diperlukan, sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar dan sesuai dengan perencanaan.
5. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep sambungan yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini, karena analisa yang digunakan hanya melalui ketentuan yang terdapat pada brosur produk sambungan. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai beberapa aspek ketentuan yang diperhitungkan untuk sambungan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung ( PPIUG )**. Jakarta, Indonesia
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia ( PBTU )**. Jakarta, Indonesia
- Das, Braja M., 1990. **Principles of Foundation Engineering, Second Edition**. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Elliot, Kim S.. 2002. **“Precast Concrete Structure”**. India : Butterwoth Heinemann
- Ervianto, Wulfram. 2006. **Teknologi Pracetak dan Bekisting**. Bandung
- Modix Rebar Couplers. 2016. **Brosur Peikko Group Corporation**. Finlandia.
- Nimse, R.B., Joshi, D.D., dan Patel, P.V. 2014. **“Behavior of Wet Precast Beam Column Connections under Progressive Collapse Scenario: an Experimental Study”**. **International Journal of Advanced Structural Engineering** 6, 4:149-159.
- NMB Splice-Sleeve Systems. 2017. **Brosur Splice Sleeve North America, Inc**. Livonia, Michigan, USA.
- Nurjannah, Siti Aisyah. 2011. **Perkembangan Sistem Struktur Beron Pracetak Sebagai Alternatif pada Teknologi Konstruksi Indonesia yang Mendukung Efisiensi Energi serta Ramah Lingkungan**. **Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 : 234-242**. Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia



- PCI. **PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 7 th Edition**. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
- Peikko Group. 2015. **HPKM Column Shoe Technical Manual**. Lahti, Finland
- Sianturi, N. M. (2012) ‘**TINJAUAN PENGGUNAAN BALOK PRACETAK PADA PEMBANGUNAN GEDUNG**’, *Jurnal Rancang Sipil Volume*, 1, pp. 10–20.
- Tjahjono, E. and Purnomo, H. (2004) ‘**Pengaruh Penempatan Penyambungan Pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar**’, *Makara Teknologi*, 8(3), pp. 90–97.
- Tjahjono, Elly., dan Purnomo, Heru. 2004. **Pengaruh Penempatan Penyambungan pada Perilaku Rangkaian Balok Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar**. *Makara Teknologi Volume. 8 No. 3 (Desember) : 90 – 97*. Depok, Indonesia
- Vidjeapriya. 2011. **Behaviour of Precast Beam-Column Mechanical Connections Under Cyclic Loading**. India : Asian Journal of Engineering

## **LAMPIRAN**



Tabel 6. 1 Perhitungan Daya Dukung Tanah sebelum Kehilangan Friksi Akibat Galian Basement

Segmen	Depth	L/P	N <sub>SPT</sub>	N1	y <sub>m</sub>	p <sub>o</sub>	N2	2N1	K N2	Ni	Asi (m <sup>2</sup> )	Cli	cli*Asi	f <sub>i</sub>	Cn	Pult (ton)	Pijin (ton)
	0																
1	0.5	L	0	0	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	15.9	637.5	320.4	106.8
	1	L	0	0	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	16.7	669.5	336.6	112.2
2	1.5	L	5	5	1.6	0.9	14.7	10.0	10.0	5.0	2.5	2.5	6.3	11.8	473.6	244.4	81.5
	2	L	7.5	7.5	1.6	1.2	20.3	15.0	15.0	7.5	2.5	3.8	15.7	16.9	677.0	356.0	118.7
3	2.5	L	10	10	1.6	1.5	25.0	20.0	20.0	15.0	2.5	7.5	34.6	16.9	674.9	373.8	124.6
	3	L	12.5	12.5	1.6	1.8	29.1	25.0	25.0	20.0	2.5	10.0	59.7	16.8	673.5	398.2	132.7
4	3.5	L	15	15	1.6	2.1	32.6	30.0	30.0	25.0	2.5	12.5	91.1	16.8	672.7	429.2	143.1
	4	L	13.75	13.8	1.8	2.5	27.5	27.5	27.5	26.3	2.5	13.1	124.1	16.8	672.3	462.0	154.0
5	4.5	L	12.5	12.5	1.8	2.9	23.1	25.0	23.1	26.6	2.5	13.3	157.5	16.8	672.2	495.4	165.1
	5	L	11.25	11.3	1.8	3.3	19.4	22.5	19.4	23.4	2.5	11.7	187.0	16.8	672.3	524.9	175.0
6	5.5	L	10	10	1.8	3.7	16.1	20.0	16.1	19.6	2.5	9.8	211.6	16.8	672.6	549.7	183.2
	6	L	10.75	10.8	1.8	4.1	16.3	21.5	16.3	17.8	2.5	8.9	234.1	16.8	673.1	572.4	190.8
7	6.5	L	11.5	11.5	1.8	4.5	16.4	23.0	16.4	16.3	2.5	8.1	254.5	16.8	672.6	592.6	197.5
	7	L	12.25	12.3	1.8	4.9	16.6	24.5	16.6	16.4	2.5	8.2	275.1	16.8	671.8	612.8	204.3

8	7.5	L	13	13	1.8	5.3	16.7	26.0	16.7	16.5	2.5	8.3	295.9	17.6	703.3	649.4	216.5
	8	L	13.7 5	13. 8	1.8	5.7	16.8	27.5	16.8	16.7	2.5	8.3	316.9	18.4	734.8	686.2	228.7
9	8.5	L	14.5	14. 5	1.8	6.1	16.9	29.0	16.9	16.8	2.5	8.4	337.9	18.6	745.7	712.8	237.6
	9	L	15.2 5	15. 3	1.8	6.5	16.9	30.5	16.9	16.9	2.5	8.4	359.1	18.6	745.4	733.8	244.6
10	9.5	L	16	16	1.8	6.9	17.0	32.0	17.0	16.9	2.5	8.5	380.4	18.3	733.9	749.3	249.8
	10	L	16.2 5	16. 3	1.8	7.3	16.6	32.5	16.6	16.8	2.5	8.4	401.5	17.8	711.3	759.0	253.0
11	10.5	L	16.5	16. 5	1.8	7.7	16.4	33.0	16.4	16.7	2.5	8.2	422.1	17.0	679.9	763.9	254.6
	11	L	16.7 5	16. 8	1.8	8.1	16.5	33.5	16.5	16.5	2.5	8.3	442.8	16.3	653.8	771.5	257.2
12	11.5	L	17	17	1.8	8.5	16.6	34.0	16.6	16.5	2.5	8.3	463.7	15.9	636.7	783.7	261.2
	12	L	16.2 5	16. 3	1.8	8.9	15.7	32.5	15.7	16.1	2.5	7.9	483.4	15.7	627.3	798.8	266.3
13	12.5	L	15.5	15. 5	1.8	9.3	14.8	31.0	14.8	15.7	2.5	7.4	502.1	15.6	623.5	815.5	271.8
	13	L	14.7 5	14. 8	1.8	9.7	14.0	29.5	14.0	14.8	2.5	7.0	519.6	15.5	618.7	830.6	276.9
14	13.5	L	14	14	1.8	10.1	13.1	28.0	13.1	14.0	2.5	6.6	536.1	15.3	613.0	844.3	281.4
	14	L	14.5	14. 5	1.8	10.5	13.5	29.0	13.5	13.7	2.5	6.7	553.1	15.2	606.5	857.9	286.0
15	14.5	L	15	15	1.8	10.9	13.8	30.0	13.8	13.5	2.5	6.9	570.5	15.0	599.9	872.0	290.7
	15	L	15.5	15. 5	1.8	11.3	14.2	31.0	14.2	13.8	2.5	7.1	588.3	14.8	593.3	886.5	295.5
16	15.5	L	16	16	1.8	11.7	14.5	32.0	14.5	14.2	2.5	7.2	606.5	14.7	586.7	901.4	300.5

	16	L	15.7 5	15. 8	1.8	12.1	14.1	31.5	14.1	14.1	2.5	7.1	624.2	14.5	580.1	915.8	305.3
17	16.5	L	15.5	15. 5	1.8	12.5	13.8	31.0	13.8	14.1	2.5	6.9	641.5	14.3	573.6	929.8	309.9
	17	L	15.2 5	15. 3	1.8	12.9	13.4	30.5	13.4	13.8	2.5	6.7	658.4	14.2	568.1	944.0	314.7
18	17.5	L	15	15	1.8	13.3	13.1	30.0	13.1	13.4	2.5	6.6	674.9	14.1	563.1	957.9	319.3
	18	L	15.2 5	15. 3	1.8	13.7	13.2	30.5	13.2	13.3	2.5	6.6	691.5	14.0	558.1	972.0	324.0
19	18.5	L	15.5	15. 5	1.8	14.1	13.3	31.0	13.3	13.2	2.5	6.7	708.2	13.8	553.1	986.2	328.7
	19	L	15.7 5	15. 8	1.8	14.5	13.4	31.5	13.4	13.3	2.5	6.7	725.0	13.7	550.0	1001.5	333.8
20	19.5	L	16	16	1.8	14.9	13.5	32.0	13.5	13.4	2.5	6.8	742.0	13.7	548.7	1017.8	339.3
	20	L	16.2 5	16. 3	1.8	15.3	13.6	32.5	13.6	13.5	2.5	6.8	759.1	13.7	549.1	1035.1	345.0
21	20.5	L	16.5	16. 5	1.8	15.7	13.7	33.0	13.7	13.6	2.5	6.8	776.3	13.8	551.0	1053.2	351.1
	21	L	16.7 5	16. 8	1.8	16.1	13.8	33.5	13.8	13.7	2.5	6.9	793.6	13.8	552.0	1071.1	357.0
22	21.5	L	17	17	1.8	16.5	13.9	34.0	13.9	13.8	2.5	6.9	811.0	13.8	552.1	1088.6	362.9
	22	L	17.2 5	17. 3	1.8	16.9	14.0	34.5	14.0	13.9	2.5	7.0	828.6	13.8	551.4	1105.8	368.6
23	22.5	L	17.5	17. 5	1.8	17.3	14.1	35.0	14.1	14.0	2.5	7.0	846.3	13.8	550.7	1123.0	374.3
	23	L	17.7 5	17. 8	1.8	17.7	14.1	35.5	14.1	14.1	2.5	7.1	864.0	13.8	551.1	1141.0	380.3
24	23.5	L	18	18	1.8	18.1	14.2	36.0	14.2	14.1	2.5	7.1	881.9	13.8	552.6	1159.7	386.6
	24	L	18	18	1.8	18.5	14.1	36.0	14.1	14.1	2.5	7.1	899.7	13.9	555.4	1178.8	392.9

25	24.5	L	18	18	1.8	18.9	14.0	36.0	14.0	14.1	2.5	7.0	917.3	14.0	559.2	1198.4	399.5
	25	L	18	18	1.8	19.3	13.9	36.0	13.9	14.0	2.5	6.9	934.7	14.1	563.4	1217.9	406.0
26	25.5	L	18	18	1.8	19.7	13.8	36.0	13.8	13.9	2.5	6.9	952.1	14.2	567.8	1237.5	412.5
	26	L	18.5	18.5	1.8	20.1	14.1	37.0	14.1	14.0	2.5	7.0	969.7	14.3	572.6	1257.5	419.2
27	26.5	L	19	19	1.8	20.5	14.3	38.0	14.3	14.1	2.5	7.2	987.8	14.4	576.5	1277.6	425.9
	27	L	19.5	19.5	1.8	20.9	14.6	39.0	14.6	14.3	2.5	7.3	1006.1	14.5	579.8	1297.5	432.5
28	27.5	L	20	20	1.8	21.3	14.9	40.0	14.9	14.6	2.5	7.4	1024.8	14.6	582.3	1317.5	439.2
	28	L	20.5	20.5	1.8	21.7	15.1	41.0	15.1	14.9	2.5	7.6	1043.8	14.6	584.1	1337.4	445.8
29	28.5	L	21	21	1.8	22.1	15.4	42.0	15.4	15.1	2.5	7.7	1063.1	14.7	586.2	1357.8	452.6
	29	L	21.5	21.5	1.8	22.5	15.6	43.0	15.6	15.4	2.5	7.8	1082.8	14.7	588.6	1378.7	459.6
30	29.5	L	22	22	1.8	22.9	15.9	44.0	15.9	15.6	2.5	7.9	1102.8	14.8	591.3	1400.0	466.7
	30	L	21.75	21.8	1.8	23.3	15.6	43.5	15.6	15.6	2.5	7.8	1122.3	14.9	594.3	1421.1	473.7
31	30.5	L	21.5	21.5	1.8	23.7	15.3	43.0	15.3	15.6	2.5	7.7	1141.6	14.9	597.5	1441.9	480.6
	31	L	21.25	21.3	1.8	24.1	15.0	42.5	15.0	15.3	2.5	7.5	1160.4	15.0	601.4	1462.7	487.6
32	31.5	L	21	21	1.8	24.5	14.7	42.0	14.7	15.0	2.5	7.4	1179.0	15.1	605.9	1483.5	494.5
	32	L	21.5	21.5	1.8	24.9	15.0	43.0	15.0	15.0	2.5	7.5	1197.8	15.3	611.1	1505.0	501.7
33	32.5	L	22	22	1.8	25.3	15.2	44.0	15.2	15.0	2.5	7.6	1216.9	15.4	615.6	1526.4	508.8
	33	L	22.5	22.5	1.8	25.7	15.5	45.0	15.5	15.2	2.5	7.7	1236.4	15.5	618.8	1547.4	515.8

34	33.5	L	23	23	1.8	26.1	15.7	46.0	15.7	15.5	2.5	7.8	1256.1	15.5	620.7	1568.1	522.7
	34	L	23.5	23.5	1.8	26.5	15.9	47.0	15.9	15.7	2.5	8.0	1276.1	15.5	621.2	1588.3	529.4
35	34.5	L	24	24	1.8	26.9	16.2	48.0	16.2	15.9	2.5	8.1	1296.4	15.6	622.6	1609.4	536.5
	35	L	24.5	24.5	1.8	27.3	16.4	49.0	16.4	16.2	2.5	8.2	1317.0	15.6	624.8	1631.1	543.7
36	35.5	L	25	25	1.8	27.7	16.6	50.0	16.6	16.4	2.5	8.3	1337.9	15.7	627.8	1653.5	551.2
	36	L	24.5	24.5	1.8	28.1	16.2	49.0	16.2	16.3	2.5	8.1	1358.2	15.8	631.7	1675.7	558.6
37	36.5	L	24	24	1.8	28.5	15.7	48.0	15.7	16.2	2.5	7.9	1378.0	15.9	634.3	1696.8	565.6
	37	L	23.5	23.5	1.8	28.9	15.3	47.0	15.3	15.7	2.5	7.7	1397.2	15.9	636.6	1717.2	572.4
38	37.5	L	23	23	1.8	29.3	14.9	46.0	14.9	15.3	2.5	7.4	1415.9	16.0	638.7	1737.0	579.0
	38	L	24.25	24.3	1.8	29.7	15.6	48.5	15.6	15.5	2.5	7.8	1435.5	16.0	640.6	1757.5	585.8
39	38.5	L	25.5	25.5	1.8	30.1	16.3	51.0	16.3	15.6	2.5	8.1	1456.0	16.1	642.5	1779.0	593.0
	39	L	26.75	26.8	1.8	30.5	17.0	53.5	17.0	16.3	2.5	8.5	1477.3	16.1	643.5	1800.8	600.3
40	39.5	L	28	28	1.8	30.9	17.7	56.0	17.7	17.0	2.5	8.8	1499.5	16.1	643.6	1823.0	607.7
	40	L	27.5	27.5	1.8	31.3	17.2	55.0	17.2	17.1	2.5	8.6	1521.2	16.1	642.7	1844.3	614.8
41	40.5	L	27	27	1.8	31.7	16.8	54.0	16.8	17.2	2.5	8.4	1542.3	16.0	641.3	1864.7	621.6
	41	L	26.5	26.5	1.8	32.1	16.4	53.0	16.4	16.8	2.5	8.2	1563.0	16.0	639.2	1884.2	628.1
42	41.5	L	26	26	1.8	32.5	16.0	52.0	16.0	16.4	2.5	8.0	1583.1	15.9	636.5	1903.0	634.3
	42	L	25.75	25.8	1.8	32.9	15.7	51.5	15.7	16.1	2.5	7.9	1602.9	15.8	633.2	1921.1	640.4



43	42.5	L	25.5	25.5	1.8	33.3	15.5	51.0	15.5	15.8	2.5	7.8	1622.3	15.8	630.1	1939.1	646.4
	43	L	25.25	25.3	1.8	33.7	15.3	50.5	15.3	15.5	2.5	7.6	1641.5	15.7	628.6	1957.5	652.5
44	43.5	L	25	25	1.8	34.1	15.0	50.0	15.0	15.3	2.5	7.5	1660.4	15.7	628.5	1976.3	658.8
	44	L	25	25	1.8	34.5	14.9	50.0	14.9	15.1	2.5	7.5	1679.1	15.7	629.9	1995.8	665.3
45	44.5	L	25	25	1.8	34.9	14.8	50.0	14.8	14.9	2.5	7.4	1697.8	15.8	630.9	2014.9	671.6
	45	L	25	25	1.8	35.3	14.7	50.0	14.7	14.8	2.5	7.4	1716.3	15.7	629.3	2032.6	677.5
46	45.5	L	25	25	1.8	35.7	14.7	50.0	14.7	14.7	2.5	7.3	1734.7	15.6	625.0	2048.9	683.0
	46	L	25.75	25.8	1.8	36.1	15.0	51.5	15.0	14.9	2.5	7.5	1753.6	15.5	618.3	2064.4	688.1
47	46.5	L	26.5	26.5	1.8	36.5	15.4	53.0	15.4	15.0	2.5	7.7	1772.9	15.3	610.1	2079.6	693.2
	47	L	27.25	27.3	1.8	36.9	15.7	54.5	15.7	15.4	2.5	7.9	1792.7	15.1	602.6	2095.6	698.5
48	47.5	L	28	28	1.8	37.3	16.0	56.0	16.0	15.7	2.5	8.0	1812.8	14.9	595.8	2112.3	704.1
	48	L	27	27	1.8	37.7	15.4	54.0	15.4	15.5	2.5	7.7	1832.2	14.7	589.5	2128.5	709.5
49	48.5	L	26	26	1.8	38.1	14.7	52.0	14.7	15.4	2.5	7.4	1850.7	14.6	584.5	2144.5	714.8
	49	L	25	25	1.8	38.5	14.1	50.0	14.1	14.7	2.5	7.0	1868.4	14.5	580.3	2160.1	720.0
50	49.5	L	24	24	1.8	38.9	13.4	48.0	13.4	14.1	2.5	6.7	1885.3	14.4	577.0	2175.3	725.1
	50	L	24	24	1.8	39.3	13.4	48.0	13.4	13.7	2.5	6.7	1902.1	14.4	574.5	2190.8	730.3
51	50.5	L	24	24	1.8	39.7	13.3	48.0	13.3	13.4	2.5	6.6	1918.8	14.3	573.5	2207.1	735.7
	51	L	24	24	1.8	40.1	13.2	48.0	13.2	13.3	2.5	6.6	1935.4	14.3	573.9	2223.9	741.3

52	51.5	L	24	24	1.8	40.5	13.2	48.0	13.2	13.2	2.5	6.6	1951.9	14.4	575.6	2241.2	747.1
	52	L	24.5	24.5	1.8	40.9	13.4	49.0	13.4	13.3	2.5	6.7	1968.7	14.5	578.5	2259.5	753.2
53	52.5	L	25	25	1.8	41.3	13.6	50.0	13.6	13.4	2.5	6.8	1985.7	14.5	580.6	2277.6	759.2
	53	L	25.5	25.5	1.8	41.7	13.7	51.0	13.7	13.5	2.5	6.9	2003.0	14.5	581.2	2295.1	765.0
54	53.5	L	26	26	1.8	42.1	13.9	52.0	13.9	13.7	2.5	7.0	2020.5	14.5	580.2	2312.2	770.7
	54	L	27.25	27.3	1.8	42.5	14.5	54.5	14.5	14.1	2.5	7.3	2038.8	14.4	577.8	2329.2	776.4
55	54.5	L	28.5	28.5	1.8	42.9	15.1	57.0	15.1	14.5	2.5	7.6	2057.8	14.4	574.7	2346.7	782.2
	55	L	29.75	29.8	1.8	43.3	15.7	59.5	15.7	15.1	2.5	7.8	2077.5	14.3	573.0	2365.5	788.5
56	55.5	L	31	31	1.8	43.7	16.3	62.0	16.3	15.7	2.5	8.1	2098.0	14.3	572.7	2385.8	795.3
	56	L	30.25	30.3	1.8	44.1	15.8	60.5	15.8	15.7	2.5	7.9	2117.8	14.3	573.7	2406.2	802.1
57	56.5	L	29.5	29.5	1.8	44.5	15.3	59.0	15.3	15.8	2.5	7.7	2137.1	14.4	576.5	2426.8	808.9
	57	L	28.75	28.8	1.8	44.9	14.9	57.5	14.9	15.3	2.5	7.4	2155.7	14.5	580.0	2447.3	815.8
58	57.5	L	28	28	1.8	45.3	14.4	56.0	14.4	14.9	2.5	7.2	2173.8	14.6	584.2	2467.5	822.5
	58	L	28.25	28.3	1.8	45.7	14.5	56.5	14.5	14.7	2.5	7.2	2192.0	14.7	589.1	2488.1	829.4
59	58.5	L	28.5	28.5	1.8	46.1	14.5	57.0	14.5	14.4	2.5	7.3	2210.2	14.9	594.5	2509.0	836.3
	59	L	28.75	28.8	1.8	46.5	14.6	57.5	14.6	14.5	2.5	7.3	2228.5	15.0	599.8	2530.0	843.3
60	59.5	L	29	29	1.8	46.9	14.6	58.0	14.6	14.6	2.5	7.3	2246.9	15.1	605.1	2551.0	850.3

	60	L	29.7 5	29. 8	1.8	47.3	14.9	59.5	14.9	14.7	2.5	7.5	2265.6	15.3	610.2	2572.3	857.4
61	60.5	L	30.5	30. 5	1.8	47.7	15.2	61.0	15.2	14.9	2.5	7.6	2284.7	15.3	613.7	2593.2	864.4
	61	L	31.2 5	31. 3	1.8	48.1	15.5	62.5	15.5	15.2	2.5	7.8	2304.2	15.4	614.8	2613.3	871.1
62	61.5	L	32	32	1.8	48.5	15.8	64.0	15.8	15.5	2.5	7.9	2324.1	15.3	613.5	2632.5	877.5
	62	L	32.5	32. 5	1.8	48.9	16.0	65.0	16.0	15.7	2.5	8.0	2344.1	15.2	609.9	2650.7	883.6
63	62.5	L	33	33	1.8	49.3	16.1	66.0	16.1	16.0	2.5	8.1	2364.4	15.0	598.5	2665.2	888.4
	63	L	33.5	33. 5	1.8	49.7	16.3	67.0	16.3	16.1	2.5	8.2	2384.9	14.5	581.4	2677.1	892.4
64	63.5	L	34	34	1.8	50.1	16.5	68.0	16.5	16.3	2.5	8.2	2405.6	14.5	579.8	2697.0	899.0
	64	L	32.7 5	32. 8	1.8	50.5	15.8	65.5	15.8	16.0	2.5	7.9	2425.4	14.5	579.0	2716.5	905.5
65	64.5	L	31.5	31. 5	1.8	50.9	15.1	63.0	15.1	15.8	2.5	7.6	2444.4	14.5	579.2	2735.5	911.8
	65	L	30.2 5	30. 3	1.8	51.3	14.4	60.5	14.4	15.1	2.5	7.2	2462.5	14.5	579.3	2753.7	917.9
66	65.5	L	29	29	1.8	51.7	13.8	58.0	13.8	14.4	2.5	6.9	2479.9	14.5	579.2	2771.0	923.7
	66	L	21.7 5	21. 8	1.8	52.1	10.3	43.5	10.3	12.4	2.5	5.1	2492.8	14.5	579.0	2783.8	927.9

Tabel 6. 2 Perhitungan Daya Dukung Tanah Setelah Friksi Dihilangkan Akibat Penggalan Basement Sedalam 12 m

Segmen	Depth	L/P	N <sub>SPT</sub>	N <sub>1</sub>	Y <sub>m</sub>	po	N <sub>2</sub>	2N <sub>1</sub>	K <sub>N2</sub>	Ni	Asi (m <sup>2</sup> )	Cli	cli*Asi	f̄	Cn	Pult (ton)	Pijin (ton)
	0																
1	0.5	L	0	0	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	15.9	637.5	320.4	106.8
	1	L	0	0	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	16.7	669.5	336.6	112.2
2	1.5	L	5	5	1.6	0.9	14.7	10.0	10.0	5.0	2.5	2.5	0.0	11.8	473.6	238.1	79.4
	2	L	7.5	7.5	1.6	1.2	20.3	15.0	15.0	7.5	2.5	3.8	0.0	16.9	677.0	340.3	113.4
3	2.5	L	10	10	1.6	1.5	25.0	20.0	20.0	15.0	2.5	7.5	0.0	16.9	674.9	339.2	113.1
	3	L	12.5	12.5	1.6	1.8	29.1	25.0	25.0	20.0	2.5	10.0	0.0	16.8	673.5	338.5	112.8
4	3.5	L	15	15	1.6	2.1	32.6	30.0	30.0	25.0	2.5	12.5	0.0	16.8	672.7	338.1	112.7
	4	L	13.75	13.8	1.8	2.5	27.5	27.5	27.5	26.3	2.5	13.1	0.0	16.8	672.3	337.9	112.6
5	4.5	L	12.5	12.5	1.8	2.9	23.1	25.0	23.1	26.6	2.5	13.3	0.0	16.8	672.2	337.9	112.6
	5	L	11.25	11.3	1.8	3.3	19.4	22.5	19.4	23.4	2.5	11.7	0.0	16.8	672.3	337.9	112.6
6	5.5	L	10	10	1.8	3.7	16.1	20.0	16.1	19.6	2.5	9.8	0.0	16.8	672.6	338.1	112.7
	6	L	10.75	10.8	1.8	4.1	16.3	21.5	16.3	17.8	2.5	8.9	0.0	16.8	673.1	338.3	112.8
7	6.5	L	11.5	11.5	1.8	4.5	16.4	23.0	16.4	16.3	2.5	8.1	0.0	16.8	672.6	338.1	112.7

	7	L	12.2 5	12. 3	1.8	4.9	16.6	24.5	16.6	16.4	2.5	8.2	0.0	16.8	671.8	337.7	112.6
8	7.5	L	13	13	1.8	5.3	16.7	26.0	16.7	16.5	2.5	8.3	0.0	17.6	703.3	353.5	117.8
	8	L	13.7 5	13. 8	1.8	5.7	16.8	27.5	16.8	16.7	2.5	8.3	0.0	18.4	734.8	369.4	123.1
9	8.5	L	14.5	14. 5	1.8	6.1	16.9	29.0	16.9	16.8	2.5	8.4	0.0	18.6	745.7	374.8	124.9
	9	L	15.2 5	15. 3	1.8	6.5	16.9	30.5	16.9	16.9	2.5	8.4	0.0	18.6	745.4	374.7	124.9
10	9.5	L	16	16	1.8	6.9	17.0	32.0	17.0	16.9	2.5	8.5	0.0	18.3	733.9	368.9	123.0
	10	L	16.2 5	16. 3	1.8	7.3	16.6	32.5	16.6	16.8	2.5	8.4	0.0	17.8	711.3	357.6	119.2
11	10.5	L	16.5	16. 5	1.8	7.7	16.4	33.0	16.4	16.7	2.5	8.2	0.0	17.0	679.9	341.7	113.9
	11	L	16.7 5	16. 8	1.8	8.1	16.5	33.5	16.5	16.5	2.5	8.3	0.0	16.3	653.8	328.7	109.6
12	11.5	L	17	17	1.8	8.5	16.6	34.0	16.6	16.5	2.5	8.3	0.0	15.9	636.7	320.0	106.7
	12	L	16.2 5	16. 3	1.8	8.9	15.7	32.5	15.7	16.1	2.5	7.9	19.7	15.7	627.3	335.1	111.7
13	12.5	L	15.5	15. 5	1.8	9.3	14.8	31.0	14.8	15.7	2.5	7.4	38.4	15.6	623.5	351.8	117.3
	13	L	14.7 5	14. 8	1.8	9.7	14.0	29.5	14.0	14.8	2.5	7.0	55.9	15.5	618.7	367.0	122.3
14	13.5	L	14	14	1.8	10.1	13.1	28.0	13.1	14.0	2.5	6.6	72.5	15.3	613.0	380.6	126.9
	14	L	14.5	14. 5	1.8	10.5	13.5	29.0	13.5	13.7	2.5	6.7	89.4	15.2	606.5	394.3	131.4
15	14.5	L	15	15	1.8	10.9	13.8	30.0	13.8	13.5	2.5	6.9	106.8	15.0	599.9	408.3	136.1
	15	L	15.5	15. 5	1.8	11.3	14.2	31.0	14.2	13.8	2.5	7.1	124.6	14.8	593.3	422.8	140.9

16	15.5	L	16	16	1.8	11.7	14.5	32.0	14.5	14.2	2.5	7.2	142.8	14.7	586.7	437.7	145.9
	16	L	15.7 5	15.8	1.8	12.1	14.1	31.5	14.1	14.1	2.5	7.1	160.5	14.5	580.1	452.1	150.7
17	16.5	L	15.5	15.5	1.8	12.5	13.8	31.0	13.8	14.1	2.5	6.9	177.8	14.3	573.6	466.2	155.4
	17	L	15.2 5	15.3	1.8	12.9	13.4	30.5	13.4	13.8	2.5	6.7	194.7	14.2	568.1	480.3	160.1
18	17.5	L	15	15	1.8	13.3	13.1	30.0	13.1	13.4	2.5	6.6	211.2	14.1	563.1	494.2	164.7
	18	L	15.2 5	15.3	1.8	13.7	13.2	30.5	13.2	13.3	2.5	6.6	227.8	14.0	558.1	508.3	169.4
19	18.5	L	15.5	15.5	1.8	14.1	13.3	31.0	13.3	13.2	2.5	6.7	244.5	13.8	553.1	522.5	174.2
	19	L	15.7 5	15.8	1.8	14.5	13.4	31.5	13.4	13.3	2.5	6.7	261.3	13.7	550.0	537.8	179.3
20	19.5	L	16	16	1.8	14.9	13.5	32.0	13.5	13.4	2.5	6.8	278.3	13.7	548.7	554.1	184.7
	20	L	16.2 5	16.3	1.8	15.3	13.6	32.5	13.6	13.5	2.5	6.8	295.4	13.7	549.1	571.4	190.5
21	20.5	L	16.5	16.5	1.8	15.7	13.7	33.0	13.7	13.6	2.5	6.8	312.6	13.8	551.0	589.6	196.5
	21	L	16.7 5	16.8	1.8	16.1	13.8	33.5	13.8	13.7	2.5	6.9	329.9	13.8	552.0	607.4	202.5
22	21.5	L	17	17	1.8	16.5	13.9	34.0	13.9	13.8	2.5	6.9	347.4	13.8	552.1	624.9	208.3
	22	L	17.2 5	17.3	1.8	16.9	14.0	34.5	14.0	13.9	2.5	7.0	364.9	13.8	551.4	642.1	214.0
23	22.5	L	17.5	17.5	1.8	17.3	14.1	35.0	14.1	14.0	2.5	7.0	382.6	13.8	550.7	659.4	219.8
	23	L	17.7 5	17.8	1.8	17.7	14.1	35.5	14.1	14.1	2.5	7.1	400.3	13.8	551.1	677.3	225.8
24	23.5	L	18	18	1.8	18.1	14.2	36.0	14.2	14.1	2.5	7.1	418.2	13.8	552.6	696.0	232.0

	24	L	18	18	1.8	18.5	14.1	36.0	14.1	14.1	2.5	7.1	436.0	13.9	555.4	715.1	238.4
25	24.5	L	18	18	1.8	18.9	14.0	36.0	14.0	14.1	2.5	7.0	453.6	14.0	559.2	734.7	244.9
	25	L	18	18	1.8	19.3	13.9	36.0	13.9	14.0	2.5	6.9	471.0	14.1	563.4	754.2	251.4
26	25.5	L	18	18	1.8	19.7	13.8	36.0	13.8	13.9	2.5	6.9	488.4	14.2	567.8	773.8	257.9
	26	L	18.5	18.5	1.8	20.1	14.1	37.0	14.1	14.0	2.5	7.0	506.0	14.3	572.6	793.8	264.6
27	26.5	L	19	19	1.8	20.5	14.3	38.0	14.3	14.1	2.5	7.2	524.1	14.4	576.5	813.9	271.3
	27	L	19.5	19.5	1.8	20.9	14.6	39.0	14.6	14.3	2.5	7.3	542.4	14.5	579.8	833.9	278.0
28	27.5	L	20	20	1.8	21.3	14.9	40.0	14.9	14.6	2.5	7.4	561.1	14.6	582.3	853.8	284.6
	28	L	20.5	20.5	1.8	21.7	15.1	41.0	15.1	14.9	2.5	7.6	580.1	14.6	584.1	873.7	291.2
29	28.5	L	21	21	1.8	22.1	15.4	42.0	15.4	15.1	2.5	7.7	599.5	14.7	586.2	894.1	298.0
	29	L	21.5	21.5	1.8	22.5	15.6	43.0	15.6	15.4	2.5	7.8	619.1	14.7	588.6	915.0	305.0
30	29.5	L	22	22	1.8	22.9	15.9	44.0	15.9	15.6	2.5	7.9	639.1	14.8	591.3	936.3	312.1
	30	L	21.7	21.7	1.8	23.3	15.6	43.5	15.6	15.6	2.5	7.8	658.7	14.9	594.3	957.4	319.1
31	30.5	L	21.5	21.5	1.8	23.7	15.3	43.0	15.3	15.6	2.5	7.7	677.9	14.9	597.5	978.2	326.1
	31	L	21.2	21.2	1.8	24.1	15.0	42.5	15.0	15.3	2.5	7.5	696.8	15.0	601.4	999.1	333.0
32	31.5	L	21	21	1.8	24.5	14.7	42.0	14.7	15.0	2.5	7.4	715.3	15.1	605.9	1019.9	340.0
	32	L	21.5	21.5	1.8	24.9	15.0	43.0	15.0	15.0	2.5	7.5	734.1	15.3	611.1	1041.3	347.1
33	32.5	L	22	22	1.8	25.3	15.2	44.0	15.2	15.0	2.5	7.6	753.2	15.4	615.6	1062.7	354.2

	33	L	22.5	22.5	1.8	25.7	15.5	45.0	15.5	15.2	2.5	7.7	772.7	15.5	618.8	1083.7	361.2
34	33.5	L	23	23	1.8	26.1	15.7	46.0	15.7	15.5	2.5	7.8	792.4	15.5	620.7	1104.4	368.1
	34	L	23.5	23.5	1.8	26.5	15.9	47.0	15.9	15.7	2.5	8.0	812.4	15.5	621.2	1124.7	374.9
35	34.5	L	24	24	1.8	26.9	16.2	48.0	16.2	15.9	2.5	8.1	832.7	15.6	622.6	1145.7	381.9
	35	L	24.5	24.5	1.8	27.3	16.4	49.0	16.4	16.2	2.5	8.2	853.3	15.6	624.8	1167.4	389.1
36	35.5	L	25	25	1.8	27.7	16.6	50.0	16.6	16.4	2.5	8.3	874.2	15.7	627.8	1189.8	396.6
	36	L	24.5	24.5	1.8	28.1	16.2	49.0	16.2	16.3	2.5	8.1	894.5	15.8	631.7	1212.0	404.0
37	36.5	L	24	24	1.8	28.5	15.7	48.0	15.7	16.2	2.5	7.9	914.3	15.9	634.3	1233.1	411.0
	37	L	23.5	23.5	1.8	28.9	15.3	47.0	15.3	15.7	2.5	7.7	933.5	15.9	636.6	1253.5	417.8
38	37.5	L	23	23	1.8	29.3	14.9	46.0	14.9	15.3	2.5	7.4	952.2	16.0	638.7	1273.3	424.4
	38	L	24.2	24.3	1.8	29.7	15.6	48.5	15.6	15.5	2.5	7.8	971.8	16.0	640.6	1293.8	431.3
39	38.5	L	25.5	25.5	1.8	30.1	16.3	51.0	16.3	15.6	2.5	8.1	992.3	16.1	642.5	1315.3	438.4
	39	L	26.7	26.8	1.8	30.5	17.0	53.5	17.0	16.3	2.5	8.5	1013.7	16.1	643.5	1337.1	445.7
40	39.5	L	28	28	1.8	30.9	17.7	56.0	17.7	17.0	2.5	8.8	1035.9	16.1	643.6	1359.4	453.1
	40	L	27.5	27.5	1.8	31.3	17.2	55.0	17.2	17.1	2.5	8.6	1057.5	16.1	642.7	1380.6	460.2
41	40.5	L	27	27	1.8	31.7	16.8	54.0	16.8	17.2	2.5	8.4	1078.7	16.0	641.3	1401.0	467.0
	41	L	26.5	26.5	1.8	32.1	16.4	53.0	16.4	16.8	2.5	8.2	1099.3	16.0	639.2	1420.6	473.5
42	41.5	L	26	26	1.8	32.5	16.0	52.0	16.0	16.4	2.5	8.0	1119.4	15.9	636.5	1439.3	479.8



	42	L	25.7 5	25. 8	1.8	32.9	15.7	51.5	15.7	16.1	2.5	7.9	1139.2	15.8	633.2	1457.5	485.8
43	42.5	L	25.5	25. 5	1.8	33.3	15.5	51.0	15.5	15.8	2.5	7.8	1158.7	15.8	630.1	1475.4	491.8
	43	L	25.2 5	25. 3	1.8	33.7	15.3	50.5	15.3	15.5	2.5	7.6	1177.8	15.7	628.6	1493.8	497.9
44	43.5	L	25	25	1.8	34.1	15.0	50.0	15.0	15.3	2.5	7.5	1196.7	15.7	628.5	1512.6	504.2
	44	L	25	25	1.8	34.5	14.9	50.0	14.9	15.1	2.5	7.5	1215.5	15.7	629.9	1532.1	510.7
45	44.5	L	25	25	1.8	34.9	14.8	50.0	14.8	14.9	2.5	7.4	1234.1	15.8	630.9	1551.2	517.1
	45	L	25	25	1.8	35.3	14.7	50.0	14.7	14.8	2.5	7.4	1252.6	15.7	629.3	1568.9	523.0
46	45.5	L	25	25	1.8	35.7	14.7	50.0	14.7	14.7	2.5	7.3	1271.1	15.6	625.0	1585.2	528.4
	46	L	25.7 5	25. 8	1.8	36.1	15.0	51.5	15.0	14.9	2.5	7.5	1289.9	15.5	618.3	1600.7	533.6
47	46.5	L	26.5	26. 5	1.8	36.5	15.4	53.0	15.4	15.0	2.5	7.7	1309.2	15.3	610.1	1615.9	538.6
	47	L	27.2 5	27. 3	1.8	36.9	15.7	54.5	15.7	15.4	2.5	7.9	1329.0	15.1	602.6	1631.9	544.0
48	47.5	L	28	28	1.8	37.3	16.0	56.0	16.0	15.7	2.5	8.0	1349.1	14.9	595.8	1648.6	549.5
	48	L	27	27	1.8	37.7	15.4	54.0	15.4	15.5	2.5	7.7	1368.5	14.7	589.5	1664.8	554.9
49	48.5	L	26	26	1.8	38.1	14.7	52.0	14.7	15.4	2.5	7.4	1387.0	14.6	584.5	1680.8	560.3
	49	L	25	25	1.8	38.5	14.1	50.0	14.1	14.7	2.5	7.0	1404.7	14.5	580.3	1696.4	565.5
50	49.5	L	24	24	1.8	38.9	13.4	48.0	13.4	14.1	2.5	6.7	1421.6	14.4	577.0	1711.6	570.5
	50	L	24	24	1.8	39.3	13.4	48.0	13.4	13.7	2.5	6.7	1438.4	14.4	574.5	1727.1	575.7
51	50.5	L	24	24	1.8	39.7	13.3	48.0	13.3	13.4	2.5	6.6	1455.1	14.3	573.5	1743.4	581.1

	51	L	24	24	1.8	40.1	13.2	48.0	13.2	13.3	2.5	6.6	1471.7	14.3	573.9	1760.2	586.7
52	51.5	L	24	24	1.8	40.5	13.2	48.0	13.2	13.2	2.5	6.6	1488.2	14.4	575.6	1777.5	592.5
	52	L	24.5	24.5	1.8	40.9	13.4	49.0	13.4	13.3	2.5	6.7	1505.0	14.5	578.5	1795.8	598.6
53	52.5	L	25	25	1.8	41.3	13.6	50.0	13.6	13.4	2.5	6.8	1522.0	14.5	580.6	1813.9	604.6
	53	L	25.5	25.5	1.8	41.7	13.7	51.0	13.7	13.5	2.5	6.9	1539.3	14.5	581.2	1831.5	610.5
54	53.5	L	26	26	1.8	42.1	13.9	52.0	13.9	13.7	2.5	7.0	1556.8	14.5	580.2	1848.5	616.2
	54	L	27.25	27.3	1.8	42.5	14.5	54.5	14.5	14.1	2.5	7.3	1575.1	14.4	577.8	1865.5	621.8
55	54.5	L	28.5	28.5	1.8	42.9	15.1	57.0	15.1	14.5	2.5	7.6	1594.1	14.4	574.7	1883.0	627.7
	55	L	29.75	29.8	1.8	43.3	15.7	59.5	15.7	15.1	2.5	7.8	1613.8	14.3	573.0	1901.9	634.0
56	55.5	L	31	31	1.8	43.7	16.3	62.0	16.3	15.7	2.5	8.1	1634.3	14.3	572.7	1922.1	640.7
	56	L	30.25	30.3	1.8	44.1	15.8	60.5	15.8	15.7	2.5	7.9	1654.1	14.3	573.7	1942.5	647.5
57	56.5	L	29.5	29.5	1.8	44.5	15.3	59.0	15.3	15.8	2.5	7.7	1673.4	14.4	576.5	1963.2	654.4
	57	L	28.75	28.8	1.8	44.9	14.9	57.5	14.9	15.3	2.5	7.4	1692.0	14.5	580.0	1983.6	661.2
58	57.5	L	28	28	1.8	45.3	14.4	56.0	14.4	14.9	2.5	7.2	1710.1	14.6	584.2	2003.8	667.9
	58	L	28.25	28.3	1.8	45.7	14.5	56.5	14.5	14.7	2.5	7.2	1728.3	14.7	589.1	2024.4	674.8
59	58.5	L	28.5	28.5	1.8	46.1	14.5	57.0	14.5	14.4	2.5	7.3	1746.5	14.9	594.5	2045.3	681.8
	59	L	28.75	28.8	1.8	46.5	14.6	57.5	14.6	14.5	2.5	7.3	1764.8	15.0	599.8	2066.3	688.8
60	59.5	L	29	29	1.8	46.9	14.6	58.0	14.6	14.6	2.5	7.3	1783.2	15.1	605.1	2087.3	695.8

	60	L	29.7 5	29. 8	1.8	47.3	14.9	59.5	14.9	14.7	2.5	7.5	1801.9	15.3	610.2	2108.6	702.9
61	60.5	L	30.5	30. 5	1.8	47.7	15.2	61.0	15.2	14.9	2.5	7.6	1821.0	15.3	613.7	2129.5	709.8
	61	L	31.2 5	31. 3	1.8	48.1	15.5	62.5	15.5	15.2	2.5	7.8	1840.5	15.4	614.8	2149.6	716.5
62	61.5	L	32	32	1.8	48.5	15.8	64.0	15.8	15.5	2.5	7.9	1860.4	15.3	613.5	2168.8	722.9
	62	L	32.5	32. 5	1.8	48.9	16.0	65.0	16.0	15.7	2.5	8.0	1880.4	15.2	609.9	2187.0	729.0
63	62.5	L	33	33	1.8	49.3	16.1	66.0	16.1	16.0	2.5	8.1	1900.7	15.0	598.5	2201.5	733.8
	63	L	33.5	33. 5	1.8	49.7	16.3	67.0	16.3	16.1	2.5	8.2	1921.2	14.5	581.4	2213.4	737.8
64	63.5	L	34	34	1.8	50.1	16.5	68.0	16.5	16.3	2.5	8.2	1941.9	14.5	579.8	2233.3	744.4
	64	L	32.7 5	32. 8	1.8	50.5	15.8	65.5	15.8	16.0	2.5	7.9	1961.7	14.5	579.0	2252.8	750.9
65	64.5	L	31.5	31. 5	1.8	50.9	15.1	63.0	15.1	15.8	2.5	7.6	1980.7	14.5	579.2	2271.9	757.3
	65	L	30.2 5	30. 3	1.8	51.3	14.4	60.5	14.4	15.1	2.5	7.2	1998.9	14.5	579.3	2290.0	763.3
66	65.5	L	29	29	1.8	51.7	13.8	58.0	13.8	14.4	2.5	6.9	2016.2	14.5	579.2	2307.3	769.1
	66	L	21.7 5	21. 8	1.8	52.1	10.3	43.5	10.3	12.4	2.5	5.1	2029.1	14.5	579.0	2320.1	773.4

Tabel 6. 3 Nilai Joint Load Akibat Tiang

PILE	Load Case/Combo	D	Load FZ (ton)	Ce (%)	Mx	My	N min	n pakai	m	n	X	Y	P max	Allow Axial Load
1	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-4	4	-6.0	415.0
1	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-4	4	-81.9	416.0
2	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-2	4	-56.3	417.0
2	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-2	4	-64.1	417.0
3	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	0	4	341.0302	417.0
3	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	0	4	-42.8691	417.0
4	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	2	4	144.8	417.0
4	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	2	4	-135.4	417.0
5	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	4	4	94.5	417.0
5	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	4	4	-117.6	417.0
6	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-4	2	-302.8	417.0
6	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-4	2	-138.8	417.0
7	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-2	2	-353.0	417.0
7	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-2	2	-121.0	417.0
8	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	0	2	341.0302	417.0
8	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	0	2	-42.8691	417.0

9	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	2	2	-152.0	417.0
9	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	2	2	-192.3	417.0
10	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	4	2	-202.3	417.0
10	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	4	2	-174.5	417.0
11	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-4	0	341.0302	417.0
11	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-4	0	-42.8691	417.0
12	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-2	0	341.0302	417.0
12	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-2	0	-42.8691	417.0
13	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	0	0	341.0302	417.0
13	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	0	0	-42.8691	417.0
14	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	2	0	341.0302	417.0
14	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	2	0	-42.8691	417.0
15	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	4	0	341.0302	417.0
15	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	4	0	-42.8691	417.0
16	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-4	2	-302.8	417.0
16	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-4	2	-138.8	417.0
17	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-2	2	-353.0	417.0
17	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-2	2	-121.0	417.0

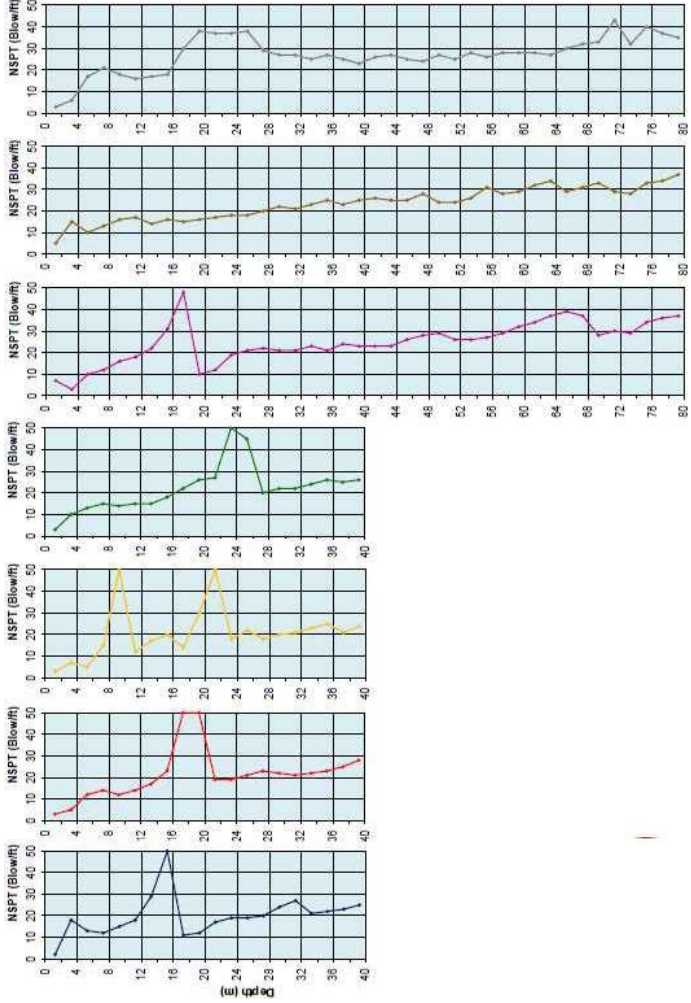
18	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	0	2	341.0302	417.0
18	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	0	2	-42.8691	417.0
19	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	2	2	-152.0	417.0
19	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	2	2	-192.3	417.0
20	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	4	2	-202.3	417.0
20	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	4	2	-174.5	417.0
21	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-4	4	-6.0	417.0
21	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-4	4	-81.9	417.0
22	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	-2	4	-56.3	417.0
22	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	-2	4	-64.1	417.0
23	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	0	4	341.0302	417.0
23	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	0	4	-42.8691	417.0
24	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	2	4	144.8	417.0
24	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	2	4	-135.4	417.0
25	ENVELOPE Max	36.5	8525.75	61.2%	-5935.51	1005.29	22	25	5	5	4	4	94.5	417.0
25	ENVELOPE Min	36.5	-1071.73	61.2%	-1137.97	-356.69	22	25	5	5	4	4	-117.6	417.0

REV  
03

DATE  
24-03-2016

CONTRACT NO. :  
109/SPK/PPP/rop/GSL/0315

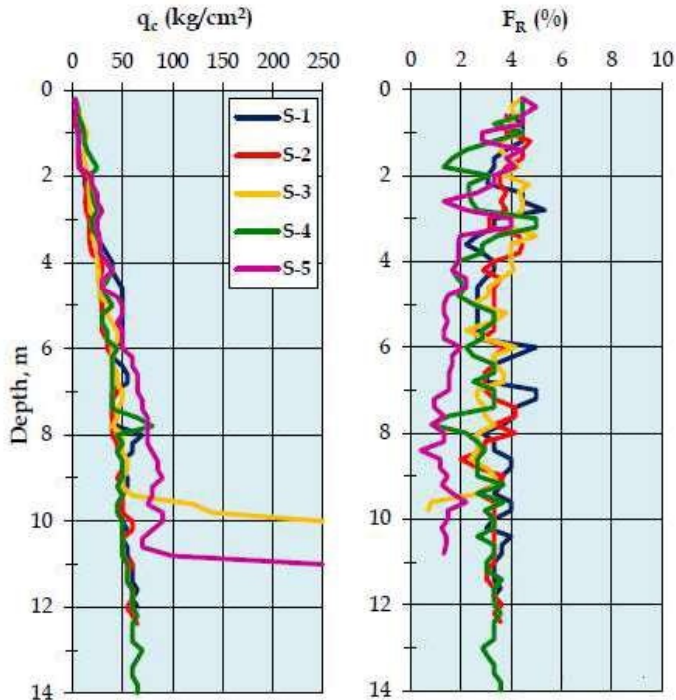
PAGE  
11



Gambar 3-7 Plot N-SPT vs Kedalaman (m)

REV	DATE	CONTRACT NO. :	PAGE
03	24-03-2016	109/SPK/PPProp/GSL/0315	12

Hasil sondir untuk setiap titik dipaparkan dalam gambar berikut ini.



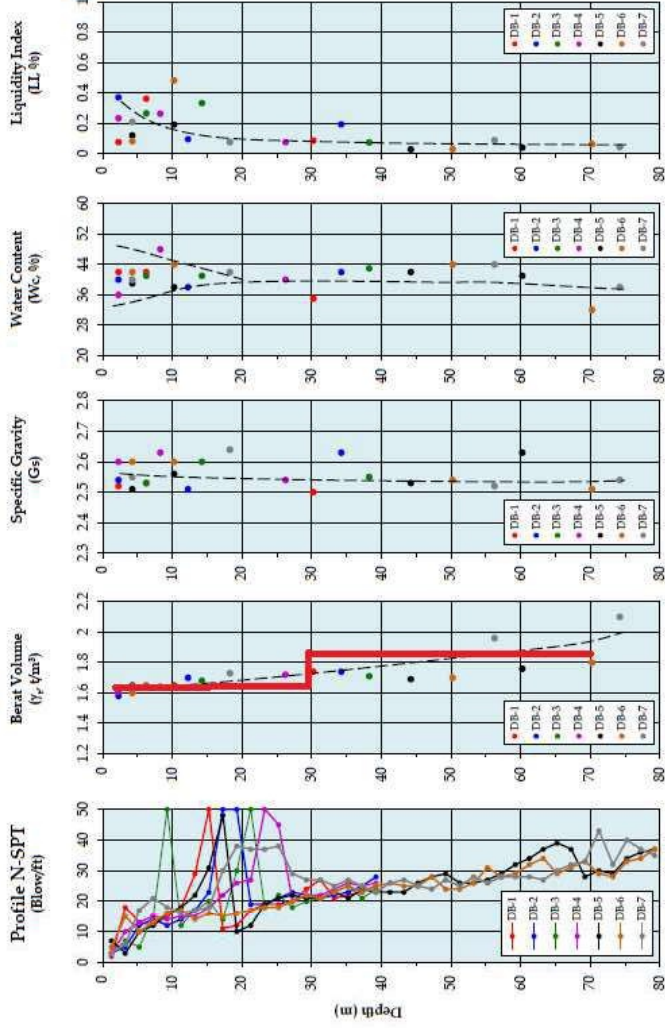
Gambar 3-8 Plot  $q_c$  &  $F_R$  vs Kedalaman (m)

### 3.5.1 Hasil Uji Laboratorium

Hasil uji laboratorium terdiri dari parameter fisis, parameter kuat geser tanah dan parameter Kemampatan tanah. Berikut adalah hasil plot parameter fisis tanah terhadap kedalaman untuk setiap titik Bor.



REV	DATE	CONTRACT NO. :	PAGE
03	24-03-2016	109/SPK/PPP/prop/GSL/0315	13



Gambar 3-9 Plot Parameter Fisis Tanah vs Kedalaman (m)



ISO 9001  
Certificate



ISO 14001  
Certificate



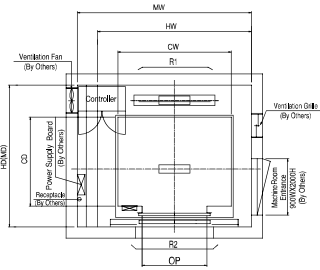
**SIGMA** Your Elevator Partner  
[www.sigmaelevator.com](http://www.sigmaelevator.com)

SIGMA constantly endeavors to improve products. Please be reminded that information in this catalog is subject to change without prior notice.  
2013.09 Printed in Korea / Revision No. 1

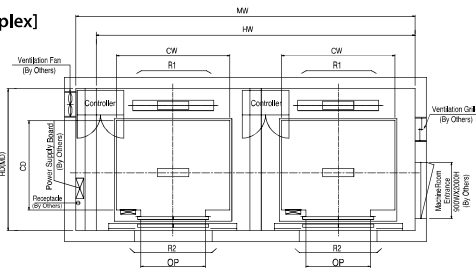
# Technical Data

## I Hoistway & Machine Room Plan

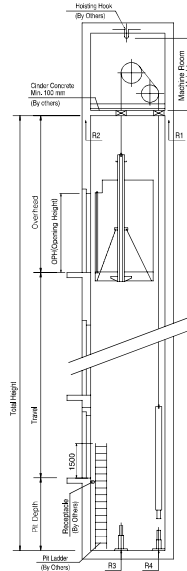
[Simplex]



[Duplex]



## I Hoistway Section



## I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulation [CODE]	Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hook Strength (kg)	
Standard / EN	1	450-1000	Travels:100	4200	1400	2300	3000	
		1350	Travels:100	4300			4500	
	1.5	1150/1600	Travels:80	4300	1450		3000	
		450-1000	80<Travels:100	4650			4500	
	1.75	1350	Travels:100	4400	1600		3000	
		1150/1600	Travels:80	4400			4500	
MS2021	1	450-1000	Travels:100	4500	1400	2550	3000	
		1350	Travels:100	4500		2400	4500	
		1160/1365	80<Travels:100	4650		2550	3000	
	1.5	410-1025	Travels:100	4400	1450	2550	3000	
		1365	Travels:100	4400		2400	4500	
		1160/1365	Travels:80	4400		2550	3000	
	1.75	410-1025	Travels:100	4750	1600	2550	3000	
		1365	Travels:100	4500		2400	4500	
		1160/1365	80<Travels:100	4500		2400	4500	
	Standard / EN	2	800-1600	Travels:130	5100	1900	2300	4500
		2.5			5300	2200		

# Technical Data

## | Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
	1100		2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
		2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[EN Code]

1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6600	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700

# Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
	Person	Load(kg)		CW	CD	Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
						HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	1100		2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050					
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
	1100		2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
2150			1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[EN Code]

1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	1100		2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050					
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
	1100		2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
2150			1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	1100		2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050					
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	10000	8250	16850	12300
	1100		2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250					
24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300	

## Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 2.0, 2.5 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
2.0 ~ 2.5	11	750	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11000	7550	12300	9500
	13	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11000	7550	13000	9900
	15	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	15	1000	900	1600	1400	2150	2100	4450	2100	2150	2100	4450	2100	11650	7850	13900	10500
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11600
	20	1350	1000	1300	2300	2250	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11600
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13900	9350	17400	12500
	24	1600	1100	2100	1600	2650	2300	5450	2300	2650	2300	5450	2300	13900	9350	17400	12500
24	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13900	9350	17400	12500	

[EN Code]

2.0 ~ 2.5	10	800	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11000	7550	12300	9500
	12	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11000	7550	13000	9900
	13	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	13	1000	900	1600	1400	2150	2100	4450	2100	2150	2100	4450	2100	11650	7850	13900	10500
	15	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11600
	18	1350	1000	1300	2300	2250	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11600
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13900	9350	17400	12500
	21	1600	1100	2100	1600	2650	2300	5450	2300	2650	2300	5450	2300	13900	9350	17400	12500
	21	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13900	9350	17400	12500

# Technical Data

## I Power Supply Plan [Speed : 1.0 ~ 2.5 m/s]

(220V / 380V)

Speed (m/s)	Capacity		Motor Capacity (kW)	MCCB Capacity of Building(A)		Power Supply Capacity(kVA)		Lead-in Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Earth Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Heat Output (kcal/H)	Starting Power (kVA/set)
	Person	Load(kg)		Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex		
1.0	6	450	4.6	25 / 25	25 / 32	5.3 / 5.3	9.7 / 9.7	10 / 6	16 / 6	10 / 6	16 / 6	675	10.0
	8	550	4.6	25 / 25	25 / 40	5.9 / 5.9	10.8 / 10.8	10 / 6	25 / 6	10 / 6	16 / 6	825	10.0
	9	600	4.6	25 / 25	25 / 50	6.3 / 6.3	11.5 / 11.5	10 / 6	25 / 6	10 / 6	16 / 6	900	10.0
	10	680	5.5	32 / 25	32 / 50	7.3 / 7.3	13.4 / 13.4	16 / 6	35 / 6	16 / 6	16 / 6	1050	16.0
	11	750	5.5	32 / 25	32 / 60	7.7 / 7.7	14.0 / 14.0	16 / 6	35 / 6	16 / 6	16 / 6	1125	16.0
	13	900	6.7	40 / 25	40 / 75	8.9 / 8.9	16.2 / 16.2	25 / 6	50 / 6	16 / 6	25 / 6	1350	16.0
	15	1000	6.7	40 / 25	50 / 75	9.8 / 9.8	17.8 / 17.8	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1500	16.0
	17	1150	7.7	50 / 32	50 / 100	11.1 / 11.1	20.3 / 20.3	25 / 6	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1725	16.0
20	1350	9.1	60 / 32	75 / 125	13.0 / 13.0	26.0 / 26.0	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2025	16.0	
24	1600	10.8	75 / 40	75 / 125	15.5 / 15.5	31.0 / 31.0	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 10	2400	25.0	
1.5	8	550	6.9	32 / 25	32 / 60	9.7 / 9.7	17.7 / 17.7	16 / 6	35 / 10	16 / 6	16 / 6	1238	16.0
	9	600	6.9	32 / 25	40 / 60	10.4 / 10.4	18.9 / 18.9	16 / 6	35 / 10	16 / 6	16 / 6	1350	16.0
	10	680	8.3	40 / 25	40 / 75	11.5 / 11.5	20.9 / 20.9	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1575	16.0
	11	750	8.3	40 / 25	50 / 75	12.0 / 12.0	21.8 / 21.8	25 / 10	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1688	16.0
	13	900	10	50 / 32	50 / 100	13.5 / 13.5	24.6 / 24.6	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2025	16.0
	15	1000	10	60 / 32	60 / 100	14.9 / 14.9	27.1 / 27.1	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2250	16.0
	17	1150	11.6	75 / 40	75 / 120	18.2 / 18.2	33.1 / 33.1	50 / 16	70 / 16	25 / 6	35 / 6	2588	25.0
	20	1350	13.6	100 / 50	100 / 150	21.2 / 21.2	42.4 / 42.4	50 / 16	95 / 25	25 / 6	35 / 10	3038	35.0
24	1600	16.2	100 / 60	120 / 175	25.3 / 25.3	50.5 / 50.5	50 / 16	95 / 35	25 / 6	35 / 10	3600	35.0	
1.75	8	550	8.1	40 / 25	40 / 75	11.7 / 11.7	21.4 / 21.4	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1444	16.0
	9	600	8.1	40 / 25	40 / 75	12.5 / 12.5	22.8 / 22.8	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1575	16.0
	10	680	9.7	50 / 25	50 / 100	13.9 / 13.9	25.2 / 25.2	35 / 6	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1838	16.0
	11	750	9.7	50 / 32	50 / 100	14.5 / 14.5	26.4 / 26.4	35 / 10	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1969	16.0
	13	900	11.7	60 / 32	60 / 100	16.4 / 16.4	29.8 / 29.8	35 / 10	70 / 10	16 / 6	35 / 6	2363	16.0
	15	1000	11.7	75 / 40	75 / 120	18.0 / 18.0	32.7 / 32.7	50 / 10	70 / 16	25 / 6	35 / 6	2625	25.0
	17	1150	13.6	75 / 50	100 / 150	21.0 / 21.0	38.2 / 38.2	50 / 16	100 / 25	25 / 6	50 / 10	3019	35.0
	20	1350	15.9	100 / 50	100 / 175	24.4 / 24.4	48.9 / 48.9	50 / 16	70 / 25	25 / 6	50 / 10	3544	35.0
24	1600	18.9	125 / 60	120 / 200	29.1 / 29.1	58.3 / 58.3	70 / 16	95 / 35	25 / 6	50 / 10	4200	35.0	

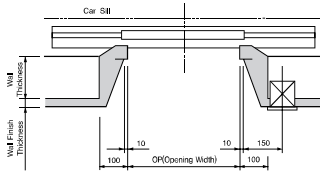
(220V / 380V)

Speed (m/s)	Capacity		Motor Capacity (kW)	MCCB Capacity of Building(A)		Power Supply Capacity(kVA)		Lead-in Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Earth Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Heat Output (kcal/H)	Starting Power (kVA/set)
	Person	Load(kg)		Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex		
2.0	11	750	11	60 / 40	125 / 60	13 / 13.1	24 / 23.8	16 / 10	70 / 25	16 / 6	16 / 10	2250	24.3
	13	900	13.5	75 / 40	125 / 75	15 / 15.4	28 / 28.0	25 / 16	95 / 35	16 / 6	16 / 10	2700	27.7
	15	1000	13.5	75 / 50	150 / 100	17 / 17.1	31 / 31.1	25 / 16	95 / 50	16 / 6	16 / 16	3000	30
	17	1150	16	100 / 50	175 / 100	20 / 19.9	36 / 36.1	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	3450	34.2
	20	1350	18.5	100 / 60	175 / 100	22 / 21.6	39 / 39.3	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	4050	36.1
	24	1600	22	125 / 75	250 / 125	26 / 26.2	48 / 47.6	50 / 25	150 / 70	16 / 10	25 / 25	4800	42.7
2.5	11	750	13.5	75 / 50	150 / 75	16 / 16.2	29 / 29.5	25 / 16	95 / 35	16 / 6	16 / 10	2812.5	31.5
	13	900	17	100 / 50	150 / 100	19 / 19.0	35 / 34.5	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	3375	35.9
	15	1000	17	100 / 60	175 / 100	21 / 21.1	38 / 38.3	35 / 16	150 / 50	16 / 6	16 / 16	3750	39
	17	1150	20	125 / 60	200 / 125	24 / 23.9	44 / 43.6	50 / 16	150 / 70	16 / 6	16 / 25	4312.5	42.8
	20	1350	23	125 / 75	250 / 125	26 / 26.2	48 / 47.8	50 / 25	150 / 70	25 / 10	25 / 25	5062.5	46
	24	1600	27.5	150 / 100	300 / 150	31 / 31.4	57 / 57.2	70 / 25	185 / 70	25 / 10	25 / 25	6000	54.1

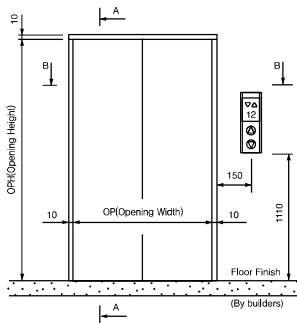
# Technical Data

## Narrow Jamb without Transom Panel

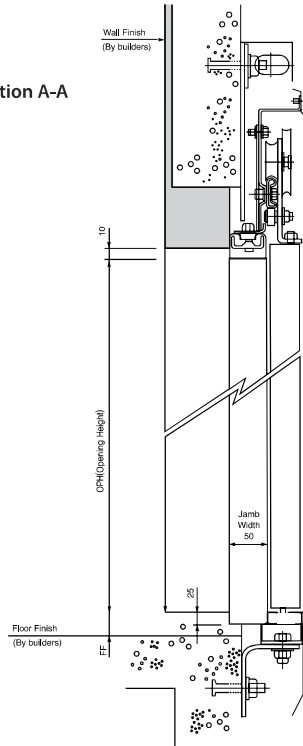
I Section B-B



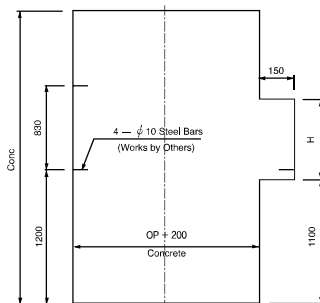
I Front View of Entrance



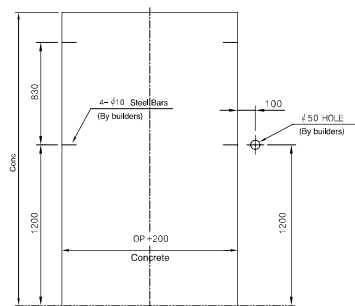
I Section A-A



I Building Structure Plan (Normal Button)



I Building Structure Plan (Slim Type Button)



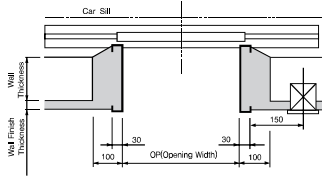
- Note**
1. «H» dimension in building structure plan depends upon the type of hall indicator selected.
  2. Unit : mm



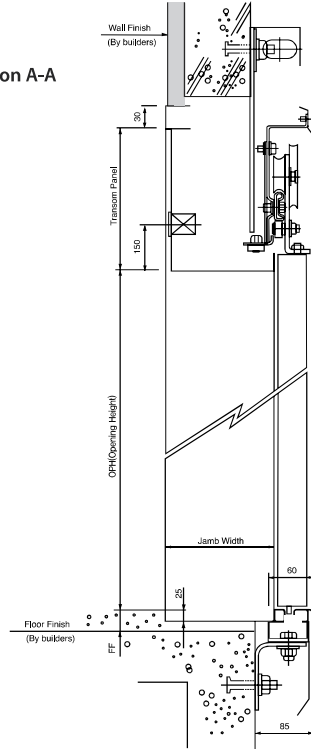
# Technical Data

## S-Type Wide Jamb with Transom Panel

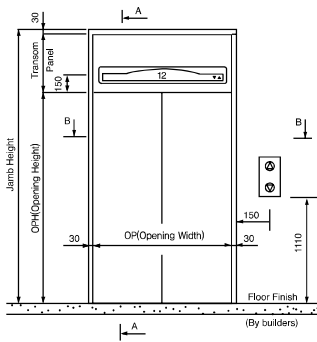
### Section B-B



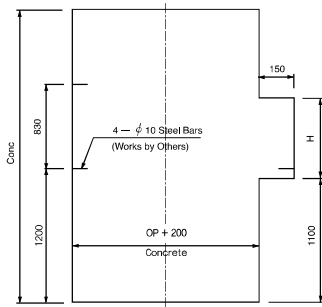
### Section A-A



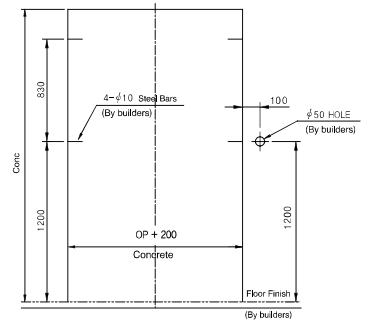
### Front View of Entrance



### Building Structure Plan (Normal Button)



### Building Structure Plan (Slim Type Button)



**Note** 1. «H» dimension in building structure plan depends upon the type of hall indicator selected.  
2. Unit : mm

# BROCHURE

# THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



*Innovation and Trust*



PT CITRA LAUTAN TEDUH



# 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)

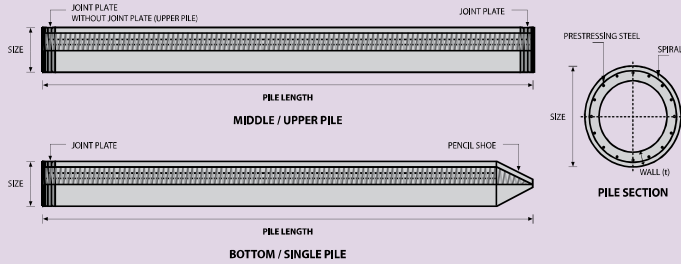
## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	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 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	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 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	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

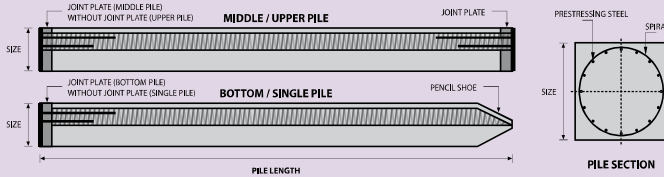
Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

# PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



## 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	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	I	-
				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

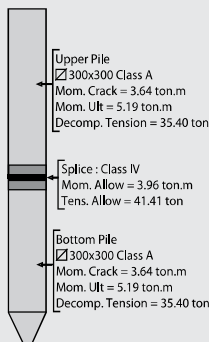
## TYPICAL SPLICE SPECIFICATION

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
	V	0.76	1.02	16.34	18.38
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
	IV	3.30	4.45	27.61	31.06
	V	1.22	1.67	117.95	132.69
400 x 400	I	11.28	15.23	88.46	99.52
	II	9.41	12.71	83.64	94.10
	III	8.58	11.58	62.73	70.57
	IV	3.97	5.36	27.61	31.06
	V	15.80	21.33	147.43	165.86
450 x 450	I	14.07	19.00	117.95	132.69
	II	13.02	17.57	88.46	99.52
	III	6.55	8.84	41.82	47.05
	IV	19.72	26.63	118.60	133.43
500 x 500	I	16.51	22.29	117.95	132.69
	II	15.14	20.43	88.46	99.52
	IV	7.56	10.21	41.82	47.05

## EXAMPLES OF SPLICE SELECTION

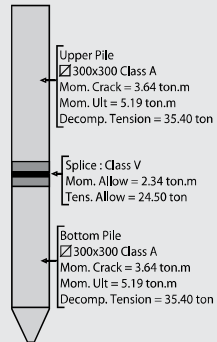
**Case 1 :** Compatible to Body Moment Crack

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.





## JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting of precast concrete elements

Version: Peikko Group 04/2016



Technical Manual

## 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 upon 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.

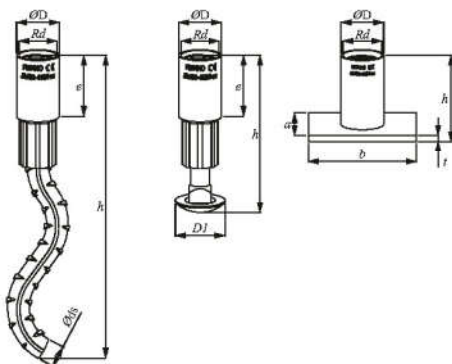


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions								WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	OD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØDJ [mm]	a x b [mm]	f [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

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
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 (TL, 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.**

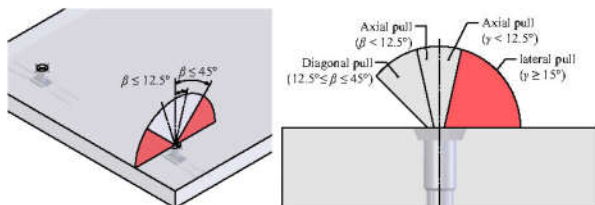


Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JKA/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	63
42	8000	80	80	80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

#### 1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Peikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Peikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

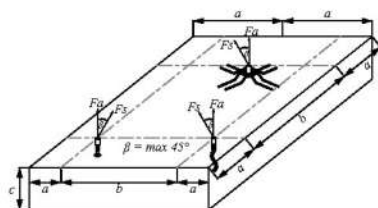
Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness  $c$  due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in Table 18. Figure 22 visualizes the requirements.

Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.

Item No. JRI/JM	WAS			BSA			PSA		
	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

Figure 22. JENKA Short Inserts geometry requirements.



**PLEASE NOTE:**

The geometry specification requires that installation is within the tolerances defined in section 2.

### 1.2.5 Reinforcement for JENKA Short Inserts

The use of lifting systems requires a minimum level of reinforcement in the concrete elements. The reinforcement that is defined by structural design can be considered by taking into account the existing cross section. The required reinforcement level can be attained using single reinforcing bars or wire mesh with an equivalent or greater cross section ( $\text{mm}^2/\text{m}$  or  $\text{cm}^2/\text{m}$ ). If the designed reinforcement must be removed or cut to install the JENKA Lifting Insert, this area must be repaired by adding a similar cross section of reinforcement (single bars or wire mesh) with sufficient overlapping length.



**WARNING:**

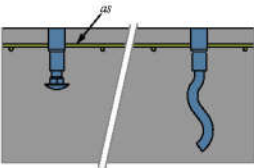
Always check that sufficient reinforcement is designed and installed. Too little reinforcement can result in severe accidents and collapsing elements.

The reinforcement described in this section supports only the load impact of the lifting system on the concrete element. The structural designer must bear in mind that the element may bend as a result of the transportation process. Additional reinforcement may be needed to prevent the element from cracking. This must be defined separately. Surface reinforcement ( $\text{mm}^2/\text{m}$ ) must be considered and installed cross-wise for each element direction.

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.

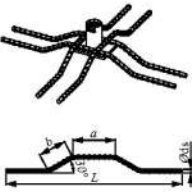
Item No. JRD/JM	BSA	WAS
	Surface reinforcement [ $\text{mm}^2/\text{m}$ ]	Surface reinforcement [ $\text{mm}^2/\text{m}$ ]
12	131	131
14	131	131
16	131	131
18	188	188
20	188	188
24	188	188
30	188	188
36		188
42		188



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 [ $\text{mm}^2/\text{m}$ ]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			$\varnothing d_s$ [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



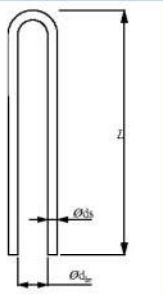
### 1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

#### Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by using Peikko DSH item which enables double sided curved fixing for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in Table 21.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRD/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Øds [mm]	L [mm]	Øds [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



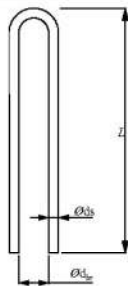
### 1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

#### Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by using Peikko DSH item which enables double sided curved fixing for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in Table 21.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRD/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Øds [mm]	L [mm]	Øds [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



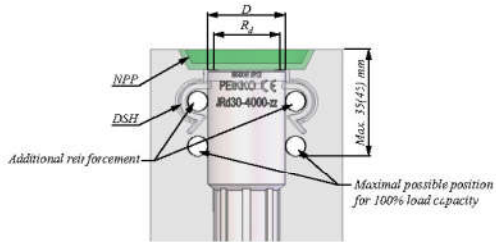
The recommendation for the bending diameter of the diagonal rebar " $d_b$ " is the outer diameter of the insert socket. This ensures a precise finish and limits the possibility of installation errors. As an alternative, a sufficiently large bending diameter according to EN1992-1-1:2011 can be implemented so that the rebar encloses the socket.

The diagonal pull rebar must be installed at an angle of approximately  $20^\circ$  as demonstrated in Figure 23 and Figure 24.

Figure 23. Installation for JENKA Short Inserts.



Figure 24. Installation tolerances.



### 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.

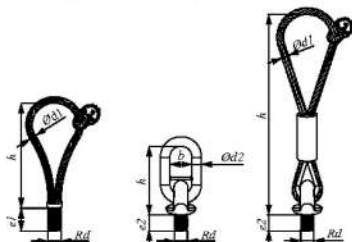


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JKd/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



Order example for Pelikko JENKA JLW lifting key.

Item type with Rd thread with standard length.



**PLEASE NOTE:**

Selecting items such as JLW30 or JLW30x75 defines same product because a standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use following code: JLW30xh (h in mm). This also applies to TLL loops.

### 1.3.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 23. This information is valid for both Rd and M threaded products with electro galvanized or black finishes. This table considers only the standard product dimensions.

Table 23. Weight of JENKA Lifting Keys.

Item No. JLW/JM	TLL	JL [kg/pcs]	JLW
12	0.1	0.5	0.3
14	0.1	0.5	0.5
16	0.2	0.5	0.5
18	0.2	1.0	0.9
20	0.3	1.0	1.1
24	0.5	1.0	1.4
30	0.9	2.4	3.0
36	1.5	2.5	3.8
42	2.1	4.8	6.3
52	4.6	5.2	10.2



# MODIX Rebar Couplers

Safe and flexible rebar splicing system

Version: Peikko Group 01/2016



Technical Manual

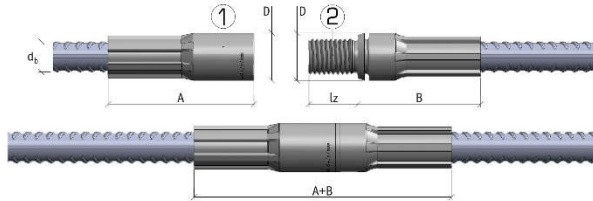
**MODIX® SM** (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

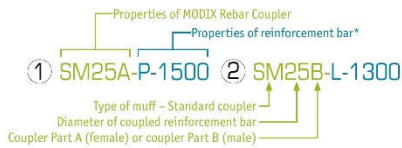


Coupler type	Bar Ø d <sub>b</sub> [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length l <sub>z</sub> [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	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.



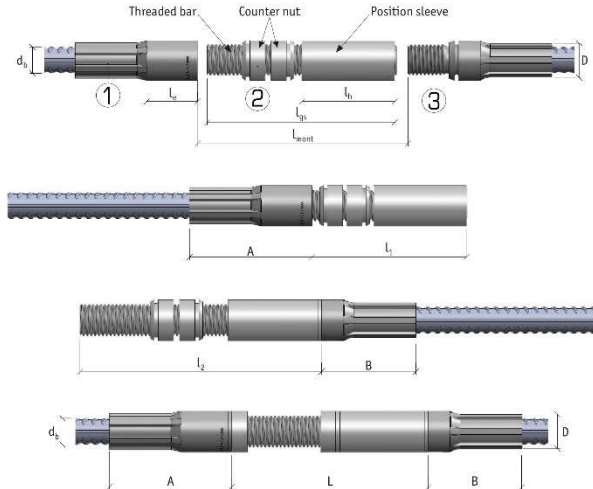
## About MODIX Rebar Couplers

### MODIX® PM (Position Coupler)

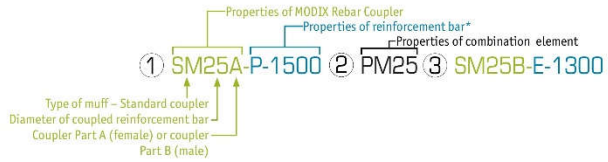
- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar $\varnothing$ $d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing$ D [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A $l_1$	Length $l_1$	Length $l_2$	Length of position sleeve $l_3$	Length threaded bar $l_4$	Max. free spacing $l_{max}$	Length L	ISO metric thread M	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green



Example of a product code:



\*Properties of reinforcement bars are described in detail in Annex A.

#### Application

MODIX PM Position Couplers are used when none of the bars can rotate or move (such as connections of bent bars or connections of two precast elements).

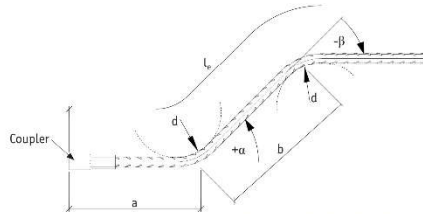
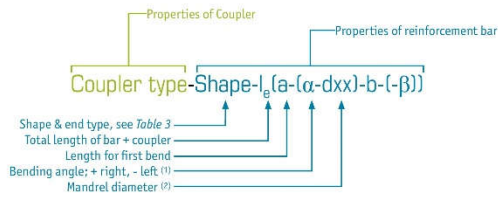


## Annex A – Shape of reinforcement bars

Reinforcement bars connected with MODIX may be processed to the forms specified in *Table 3*. The geometry of the reinforcement bar must be specified in the product code or product shape list (*Table 2*) following the instructions below.

### General product code principles

Single-sided:

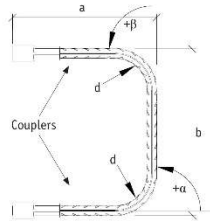
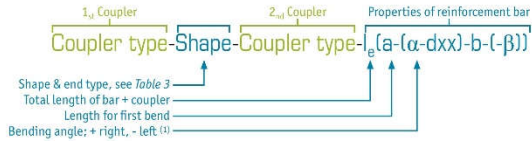


Example: SM25A-P26-1200(400-(45)-500-(-45))

<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  $\Rightarrow$  12, 21 = 90°; 13 = 180°

<sup>(2)</sup> The mandrel diameter  $\varnothing m$  must be defined only if the value is differ from the minimum requirements of EN 1992-1-1 8.3.

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°

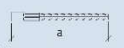
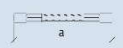

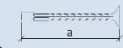
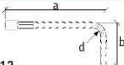
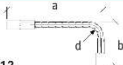
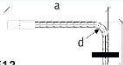
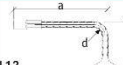


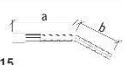
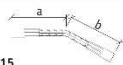
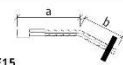
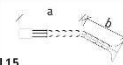



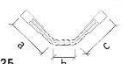
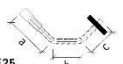



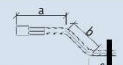
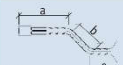
Table 2. MODIX Rebar Coupler list examples.

#	Pcs	MODIX		Bending shape + End type	Reinforcement bar			Dimensions				Notes <sup>(1)</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>(2)</sup>	38	SM25A	--	P26	25	B500B	EN 10080	1200	400	500	45	45	d200
2 <sup>(3)</sup>	5	SM20A	RM16A	D21	20	B500B	EN 10080	1100	400	300	90	90	--
3 <sup>(3)</sup>	30	SM 16A	--	E	16	B500B	EN 10080	800	--	--	--	--	10x50x50

<sup>(2)</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>(3)</sup> Examples

Table 3. MODIX rebar Product shape list.

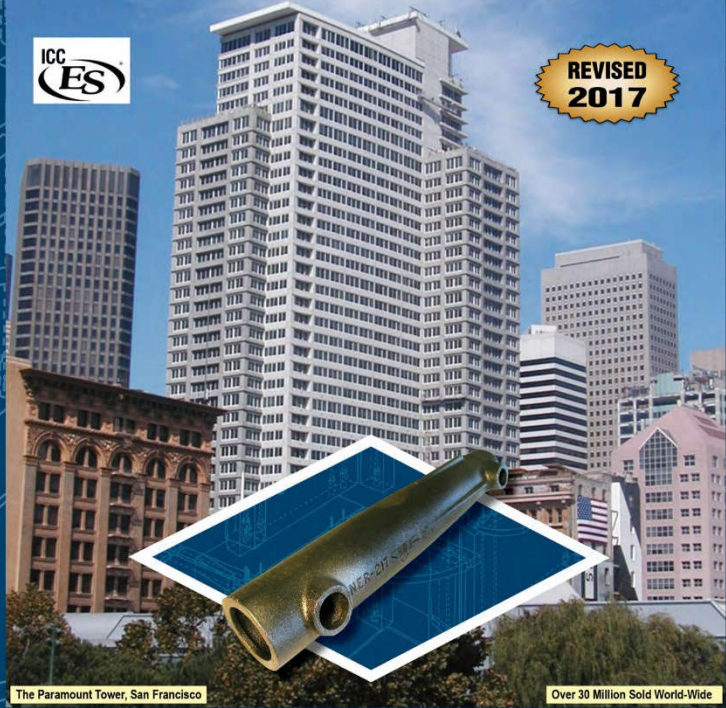
P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L – Headed stud
			
<p><b>P</b> <b>D</b> <b>E</b> <b>L</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_w = a</math>                      Example of product code: SM25A-E-1200</p>			
			
<p><b>P12</b> <b>D12</b> <b>E12</b> <b>L12</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_w = a + b - \frac{1}{2}d - d_s</math>                      Example of product code: SM25A-P12-1200(500)</p>			
			
<p><b>P13</b> <b>D13</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_w = a + 0.57b + c - 1.57d_s</math>, or <math>l_w = 2a + 0.57b - 1.57d_s</math>                      Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)</p>			
			
<p><b>P15</b> <b>D15</b> <b>E15</b> <b>L15</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_w = a + b</math>                      Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))</p>			
			
<p><b>P21</b> <b>D21</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_w = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_s</math>                      Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)</p>			
			
<p><b>P25</b> <b>D25</b> <b>E25</b> <b>L25</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_w = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(45)-600-(45))</p>			
			
<p><b>P26</b> <b>D26</b> <b>E26</b> <b>L26</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_w = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(45)-600-(45))</p>			



# NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEMS



**REVISED  
2017**

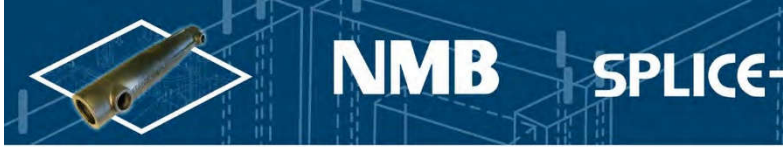


The Paramount Tower, San Francisco

Over 30 Million Sold World-Wide



Splice Sleeve North America, Inc.

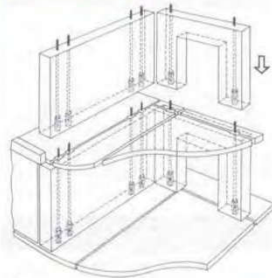


# NMB SPLICE-SLEEVE

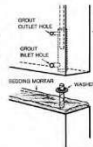
The NMB SPLICE-SLEEVE® is an efficient coupler for splicing reinforcing bars which uses a cylindrical-shaped steel sleeve interior of which is filled with SS MORTAR® grout a cementitious, non-metallic, non-shrink high-early-strength grout. Reinforcing bars to be spliced are inserted into the sleeve to meet approximately at the center of the sleeve. The resulting splices will develop tensile and compressive strengths in excess of the specified minimum for ASTM Grade 60 bars conforming to the ACI Building Code Requirements for both Type 1 and Type 2 conditions.



The NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEM is a proven method for connecting precast reinforced concrete structural members. At the precast plant, the sleeves are embedded precast element on one end of the main reinforcing bars to be connected. The bars protrude from the other end of the precast member. At the building site, the precast members are joined by inserting the protruding bars from the end of one precast member into the sleeves of the adjacent member. The sleeves are then grouted, in effect making the reinforcing bars continuous through the connection.



This is called "Emulation" and the NMB is categorized as an emulative connection for precast systems. (Refer to ACI 550.1R-09 for more information).



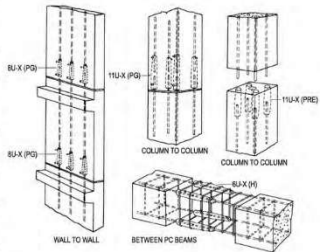
Patented Worldwide



# SLEEVE® SYSTEMS



The NMB SPLICE-SLEEVE® is particularly appropriate for use in joining vertical precast concrete structural elements (columns and shearwalls). This is because the sleeve can be embedded completely in the precast elements at the manufacturing yard and when the elements are joined in the erection process, there is no need to make a closure pour or to perform other cosmetic patching after the bars are joined. This is sometimes referred to as a “blind” connection. When used in cast-in-place situations, the NMB SPLICE-SLEEVE performs the same function as other mechanical rebar splicing devices, basically that of extending the rebar length.



## APPLICATIONS

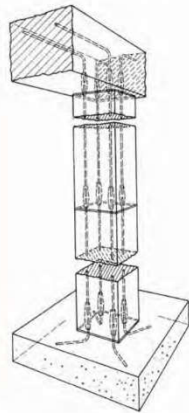
**NMB SPLICE-SLEEVES** have been used in a number of different applications both in cast-in-place and precast concrete structures.

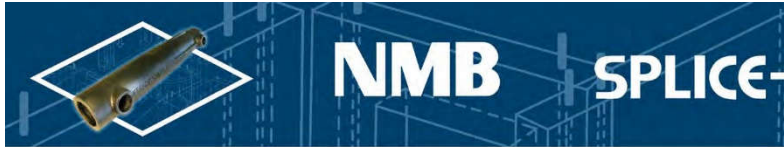
### Precast Concrete Connections:

- Column-to-column
- Column-to-beam
- Column-to-foundation
- Beam-to-beam
- Shear wall to shear wall
- Shear wall to foundation
- Elevator and stair cores
- Airport control towers
- Bridge piers and Pier caps
- Caissons
- Large diameter hollow columns

### Cast-in-place Concrete Structures:

- Connections of prefabricated column reinforcing cages
- Connections of new bars to old in vertical and horizontal rehabilitation work
- Stress relief joints in post-tensioned cast-in-place floor slabs

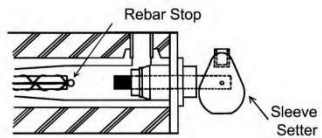




# NMB SPLICE-SLEEVE

NMB SPLICE-SLEEVES are installed and held firmly in place in the forms during concrete pouring by means of a Sleeve Setter featuring a fast-acting cam operated locking device.

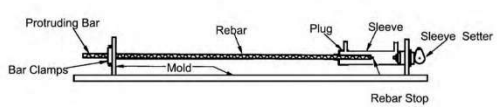
The NMB SPLICE-SLEEVE has an integral Rebar Stop in the mid-portion which assures the specified embedment of the rebar into the sleeve and an optional setscrew to hold the bar in the narrow end.



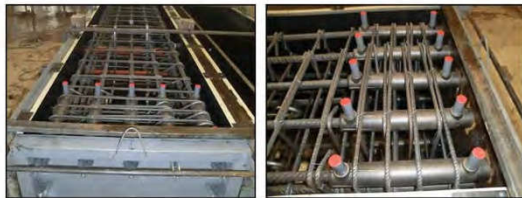
The uniform exterior dimension of the sleeve permits use of stirrups or hoops of the same size throughout the length of the sleeve.

No special treatment such as threading of rebar ends is required.

NMB SPLICE-SLEEVE can connect bars of the same size or up to two sizes smaller than the sleeve size.



The NMB can be epoxy coated and used to connect epoxy coated bars without removing the coating.





# SLEEVE® SYSTEMS




8 Day Bridge – Epping, NH



Salt Lake City – Front Runner Railway



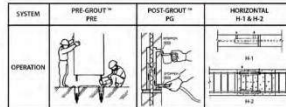
F35 Training Facility ATCT

## ERECTION

During erection, precast concrete elements are set into position one of three ways (see diagrams). The rebar dowels projecting from either the foundation or opposite piece are inserted into NMB Splice-Sleeves embedded in the precast element. The wide (field) end of the sleeves is designed larger than the rebar to provide tolerance to accommodate bar misalignment. The sleeve also allows tolerance with inserted rebar length (see chart on Page 5).

If needed, additional tolerance can be gained by "Upsizing" to a bigger sleeve. This can be one or two sizes (max.) bigger than the rebar. Similar to Upsizing, different rebar sizes can be "Transition Spliced" in the NMB Splice-Sleeve (for details see User's Manual). These abilities allow all bars to be quickly mated and grouted simultaneously, saving crane time and speeding erection.

The precast elements are temporarily braced while the grout cures sufficiently in the sleeves. Typically EORs specify 4,000 psi which is comfortably above a yield strength connection. This is achieved in less than 24 hours at 68°F (see chart above), contributing to rapid construction.



SS Mortar® (Grout) - Compressive Strength Time vs Temperature						
Curing Temp	Compressive Strength (psi)					
	12 hr	18 hr	1 day	3 days	7 days	28 days
41°F 5°C	---	834	1,869	5,823	8,871	13,860
50°F 10°C	410	1,869	2,905	6,858	9,907	14,805
68°F 20°C	1,869	3,328	4,364	8,317	11,366	16,354
86°F 30°C	2,905	4,364	5,399	9,352	12,401	17,389
104°F 40°C	3,708	5,167	6,202	10,155	13,204	18,192

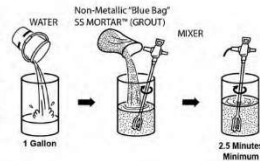
Calculated strength — calculated from the formula (24.75L in a Cumulative Temperature): 54,183

## GROUTING

For PRE-GROUT applications, the SS MORTAR grout is simply poured into the sleeve and consolidated before the next precast member is set in position.

For POST-GROUT and HORIZONTAL applications, the grout is pumped into the sleeve by means of a hand-operated pump. With both these systems, grouting operations can be performed after bracing and do not interfere with erection progress.

In total, NMB SPLICE-SLEEVE contributes to speed of construction.





**NMB SPLICE-SLEEVE**

**Steel Specification:** The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

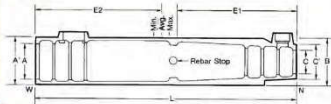
**Grout Specification:** The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

<b>Type 2 (ACI)*</b>	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	<b>9,500 psi</b>
<b>Type 1 &amp; AASHTO</b>	(125% Fy = 75 ksi)	<b>6,500 psi</b>
<b>Yield Strength</b>	(100% Fy = 60 ksi)	<b>4,000 psi</b>

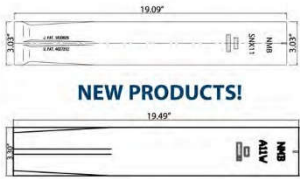
NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.  
\*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

		DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*										RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH						
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Narrow End Diameter				Wide End Diameter				Factory Dowel (E1)			Field Dowel (E2)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric	Sleeve Length (l) inch (mm)	I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)	Max. Dia. (B) inch (mm)	I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance Inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.			
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)		
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)		
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)		
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)		
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)		
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)		
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)		
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	2.30 (59)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.96 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)		
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)		
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)		
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)		

\*\*The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".



# SLEEVE® SYSTEMS

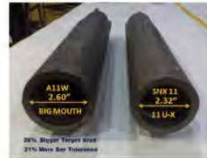



## NEW PRODUCTS!

### SNX11

- US PVC grout tubes 3/4" inlet & 1/2" outlet
- Screw in Rubber Plugs
- 9/11 RP for upsizing
- More Tolerance

### A11W



#### How to specify NMB SPLICE-SLEEVES:

**SPECIFIC:** Show sleeve size and grouting system.

Examples: NMB SPLICE SLEEVE 8U-X(PG), 11U-X (PRE) from Splice Sleeve North America, Inc. Livonia, Michigan.

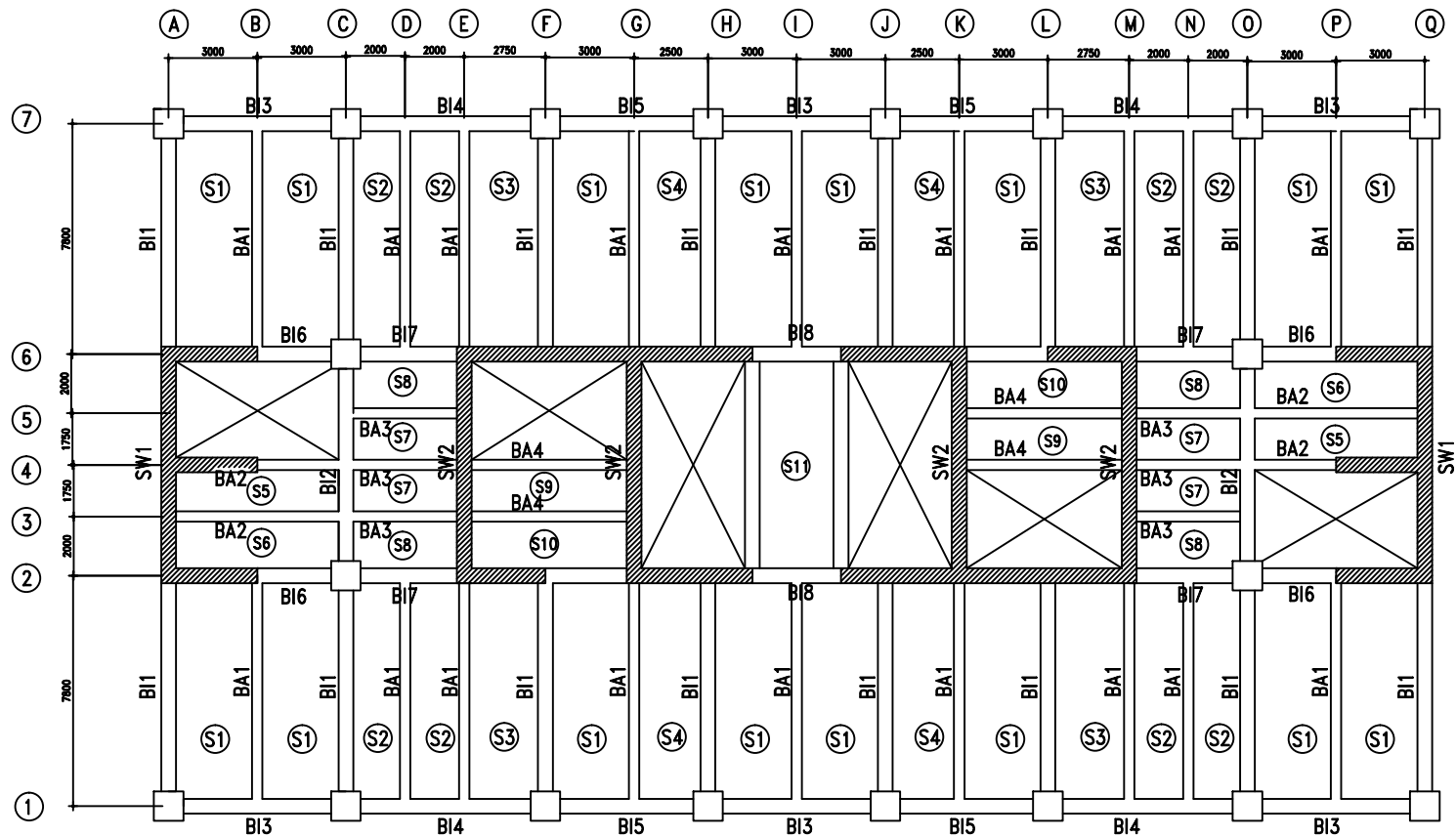
**GENERIC:** Mechanical rebar splices by means of grout-filled steel sleeves with frusto-conical geometry into which a non-shrink, high-strength grout is introduced using a low pressure pump, the splice to meet the TYPE 1 or 2 requirements of ACI 318.

#### AASHTO:

The NMB SPLICE-SLEEVE exceeds the requirements (min. 125%Fy) of the AASHTO, Standard Specification for Highway Bridges, Division I- Design, Section 8.32.2. This article sets down requirements for fatigue design of mechanical connections. The NMB is listed generically as the "Grout-filled sleeve (without threaded ends), with or without epoxy coated rebar", which gains the 18-ksi stress category (highest) under 5 million cycle testing per NCHRP 10-35 methodology.

#### APPROVAL AND RECOGNITION

- ESR-3433: ICC Evaluation Service, Inc.
- New York State Department of Transportation
- Various U.S. State Department of Transportation
- New York City Board of Standards and Appeals, Calendar No. 329-89-SM
- City of Los Angeles, Departments of Building and Safety, Research Report



⊕ DENAH PEMBALOKAN  
SKALA 1:200



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DENAH PEMBALOKAN

KETERANGAN

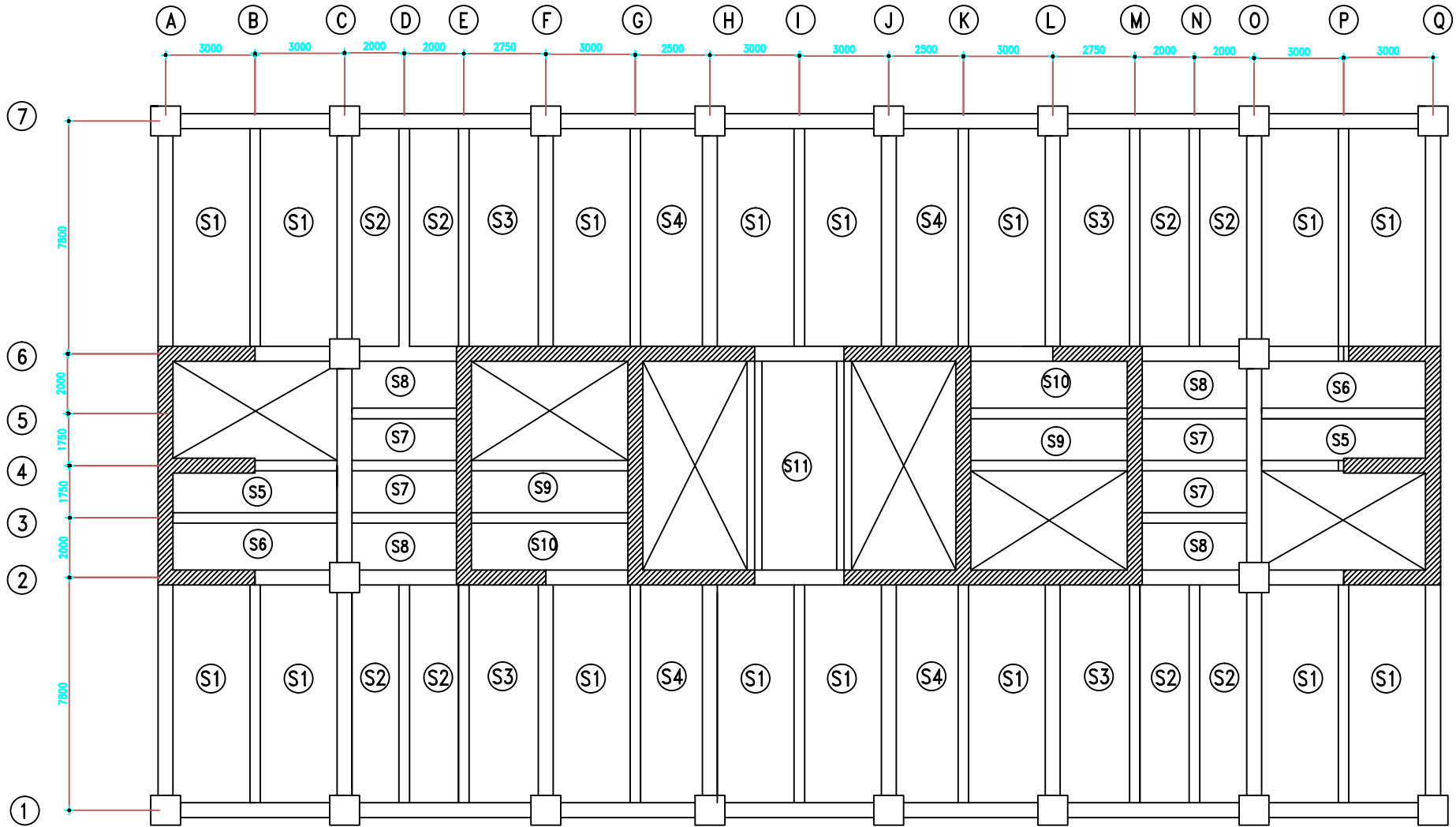
**SKALA**

1 : 200

**NO. GAMBAR**

1





⊕ DENAH PELAT LANTAI  
SKALA 1:200



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DENAH PELAT LANTAI

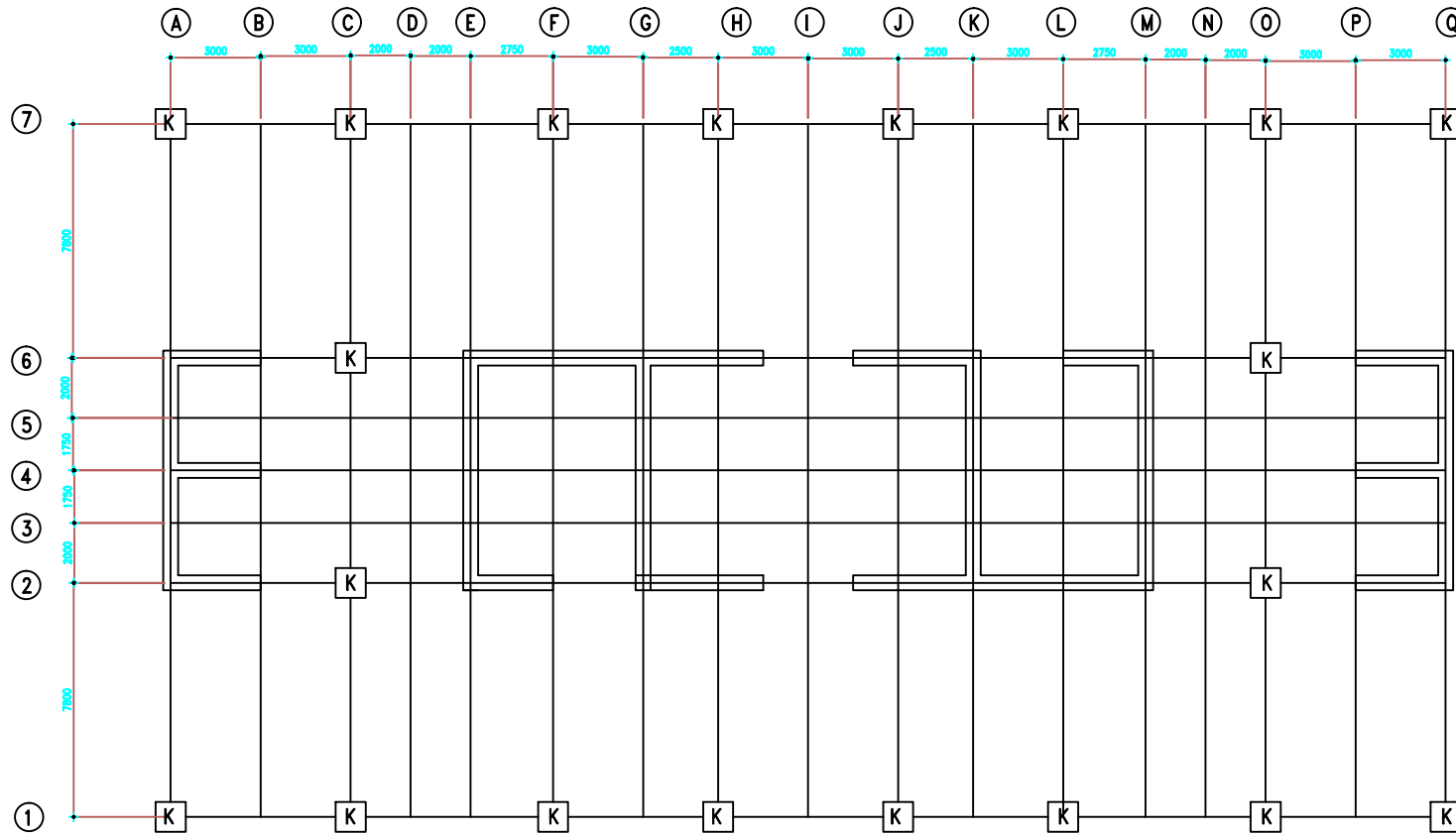
KETERANGAN

**SKALA**

1 : 200

**NO. GAMBAR**

2



K1	800 mm X 800 mm
K2	1000 mm X 1000 mm
K3	1100 mm X 1100 mm
K4	1200 mm X 1200 mm
K5	1300 mm X 1300 mm
K6	1400 mm X 1400 mm

⊕ DENAH KOLOM  
SKALA 1:250



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DENAH KOLOM

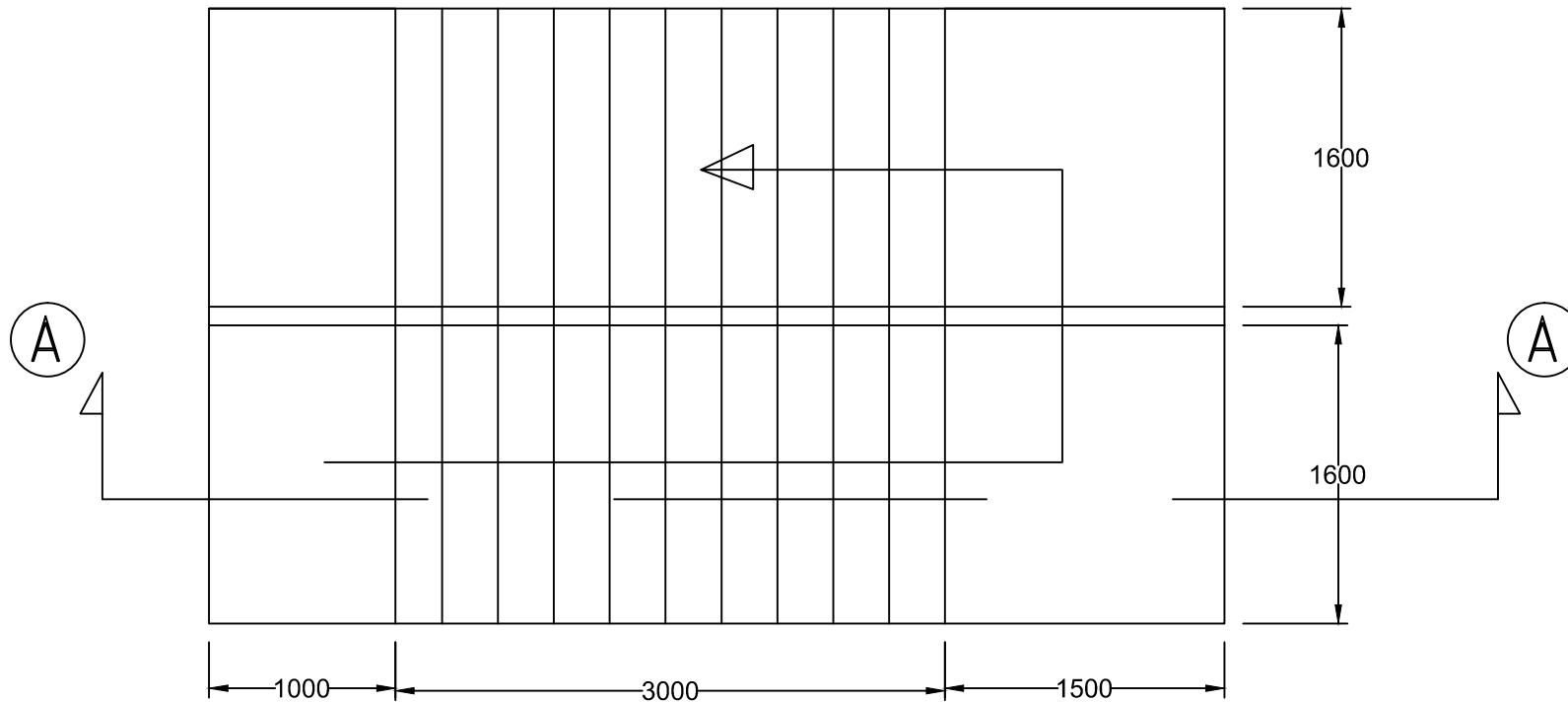
**KETERANGAN**


**SKALA**

1 : 250

**NO. GAMBAR**

**3**




**DENAH TANGGA TIPE 1**  
**SKALA 1:40**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DENAH TANGGA TIPE 1

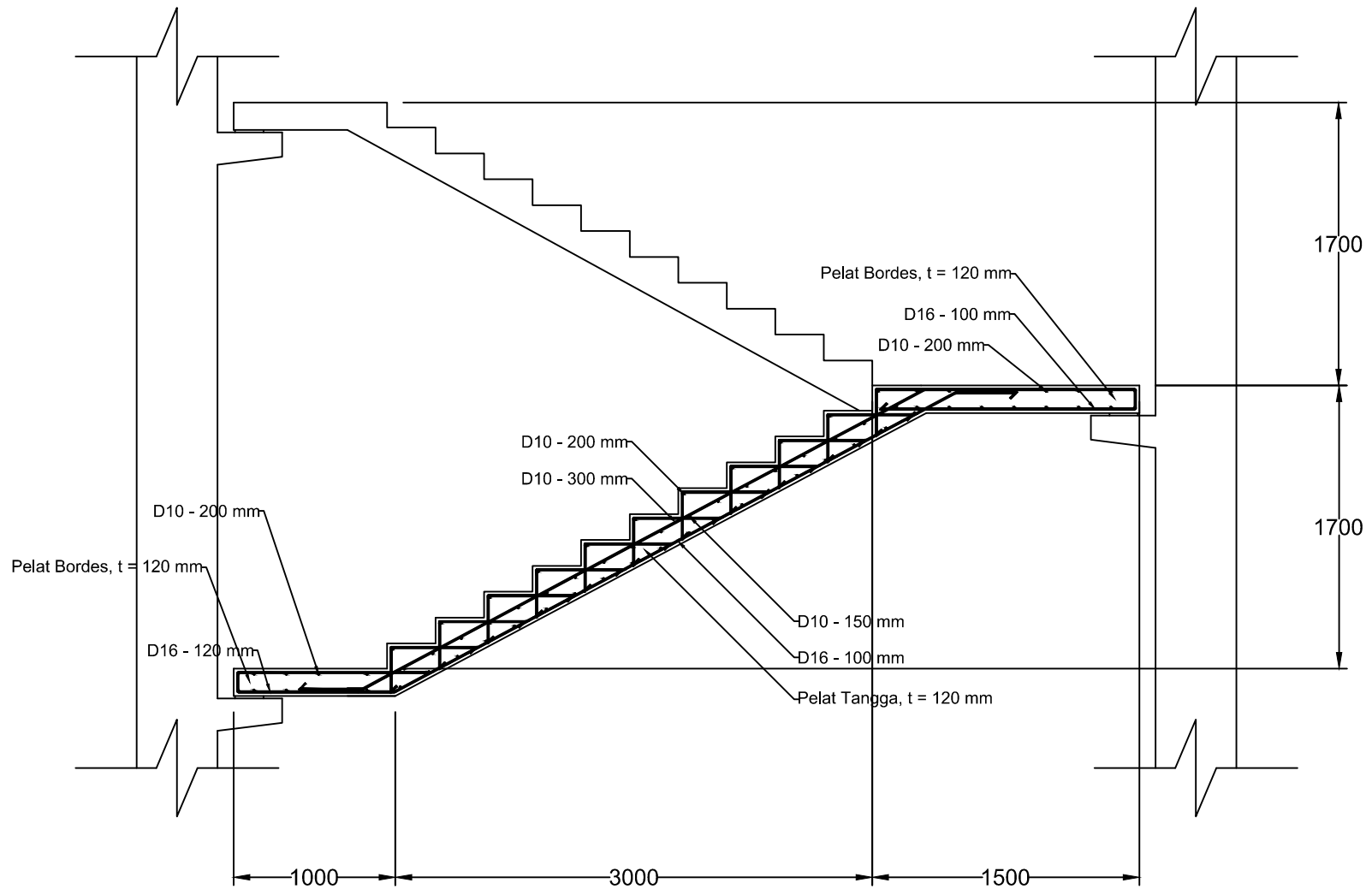
**KETERANGAN**

**SKALA**

1 : 40

**NO. GAMBAR**

4



POTONGAN A-A  
SKALA 1:40



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

NAMA MAHASISWA

Free Apiantoro  
031115400041

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA A-A


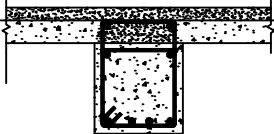
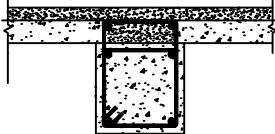
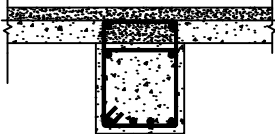
KETERANGAN

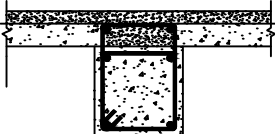
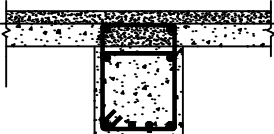

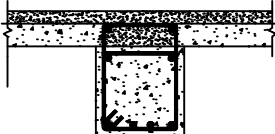
SKALA


1:40

NO. GAMBAR

5

TIPE BALOK	BA1		BA2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK				
DIMENSI	350 × 500 mm	350 × 500 mm	350 × 500 mm	350 × 500 mm
TULANGAN ATAS	2D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	4 D25	2 D25	4D25
SENGKANG	2 D10 - 120 mm	2 D10 - 200 mm	2 D10 - 120 mm	2 D10 - 200 mm

TIPE BALOK	BA3		BA4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK				
DIMENSI	350 × 500 mm	350 × 500 mm	350 × 500 mm	350 × 500 mm
TULANGAN ATAS	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	4D25	2 D25	4 D25
SENGKANG	2 D10 - 120 mm	2 D10 - 200 mm	2 D10 - 120 mm	2 D10 - 200 mm

 **DETAIL BALOK ANAK**  
SKALA 1:30



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL BALOK ANAK

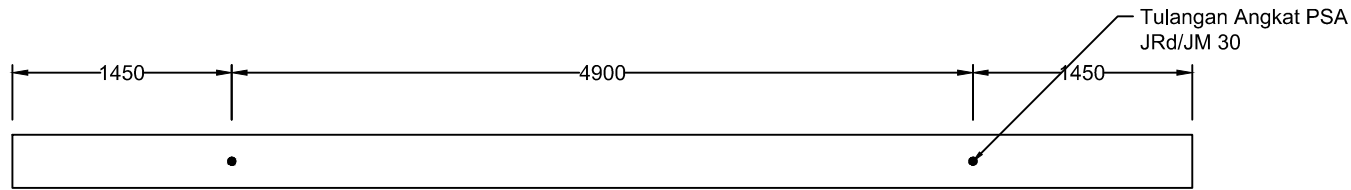
KETERANGAN

**SKALA**

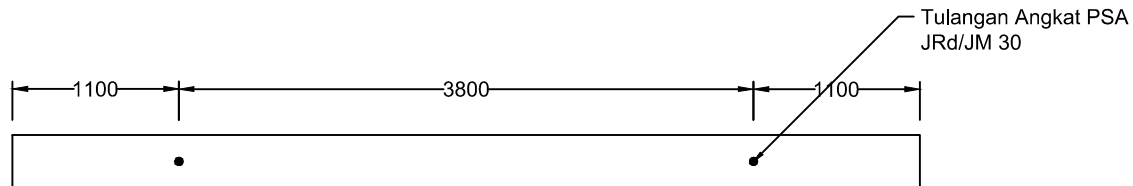
1 : 30

**NO. GAMBAR**

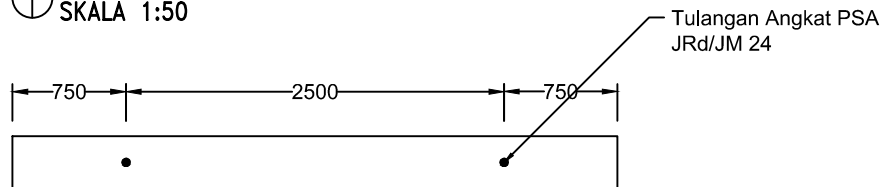
6



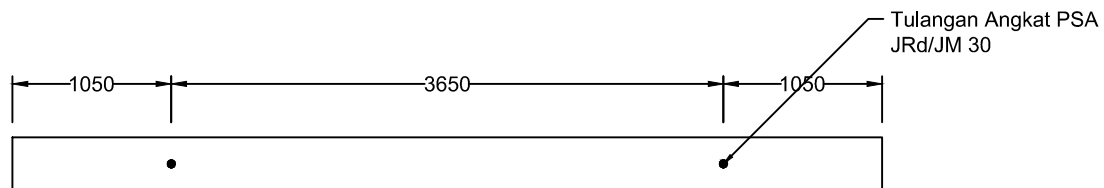
⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BA 1  
SKALA 1:50



⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BA 2  
SKALA 1:50



⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BA 3  
SKALA 1:50



⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BA 4  
SKALA 1:50



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
0311154000041

**NAMA GAMBAR**

TULANGAN ANGKAT BALOK ANAK

**SKALA**

1 : 50

**NO. GAMBAR**

7

**KETERANGAN**

TIPE BALOK	BI 1		BI 2		BI 3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK						
DIMENSI	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm
TULANGAN ATAS	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25
SENGKANG	2 D13 - 150 mm	2 D13 - 200 mm	2 D13 - 150 mm	2 D13 - 200 mm	2 D13 - 150 mm	2 D13 - 200 mm

TIPE BALOK	BI 4		BI 5		BI 6	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK						
DIMENSI	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm	500 x 700 mm
TULANGAN ATAS	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25
SENGKANG	2 D13 - 150 mm	2 D13 - 200 mm	2 D13 - 150 mm	2 D13 - 200 mm	2 D13 - 150 mm	2 D13 - 200 mm

TIPE BALOK	BI 7	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	500 x 700 mm	500 x 700 mm
TULANGAN ATAS	3 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	4 D25
SENGKANG	2 D13 - 150 mm	2 D13 - 200 mm

⊕ DETAIL BALOK INDUK  
SKALA 1:30



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL BALOK ANAK

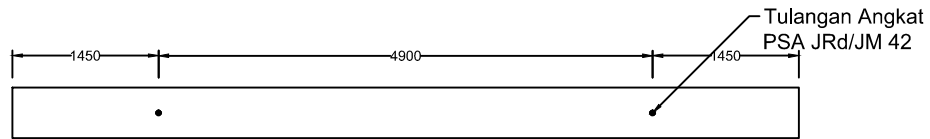
KETERANGAN

**SKALA**

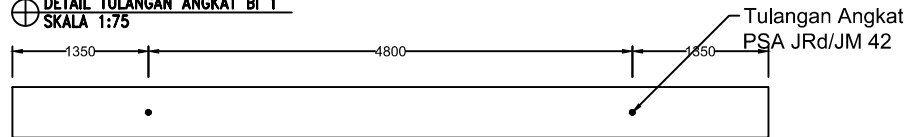
1 : 30

**NO. GAMBAR**

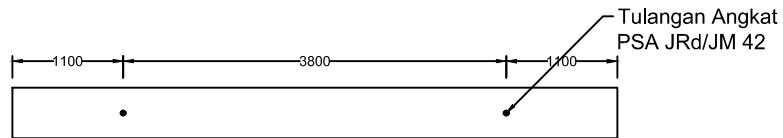
8



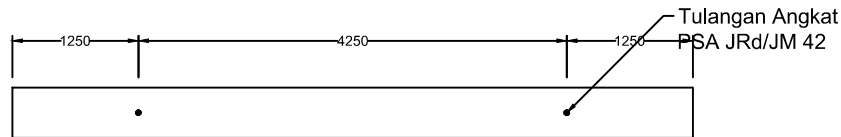
⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BI 1  
SKALA 1:75



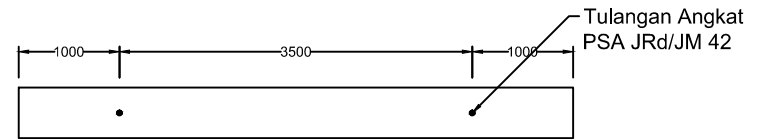
⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BI 2  
SKALA 1:75



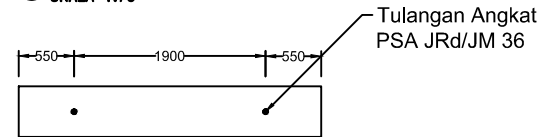
⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BI 3  
SKALA 1:75



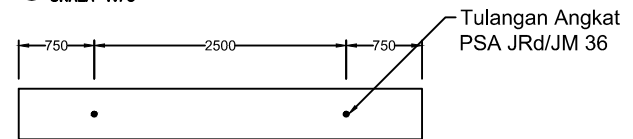
⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BI 4  
SKALA 1:75



⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BI 5  
SKALA 1:75



⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BI 6  
SKALA 1:75



⊕ DETAIL TULANGAN ANGKAT BI 7  
SKALA 1:75



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
0311154000041

**NAMA GAMBAR**

TULANGAN ANGKAT BALOK ANAK

**KETERANGAN**

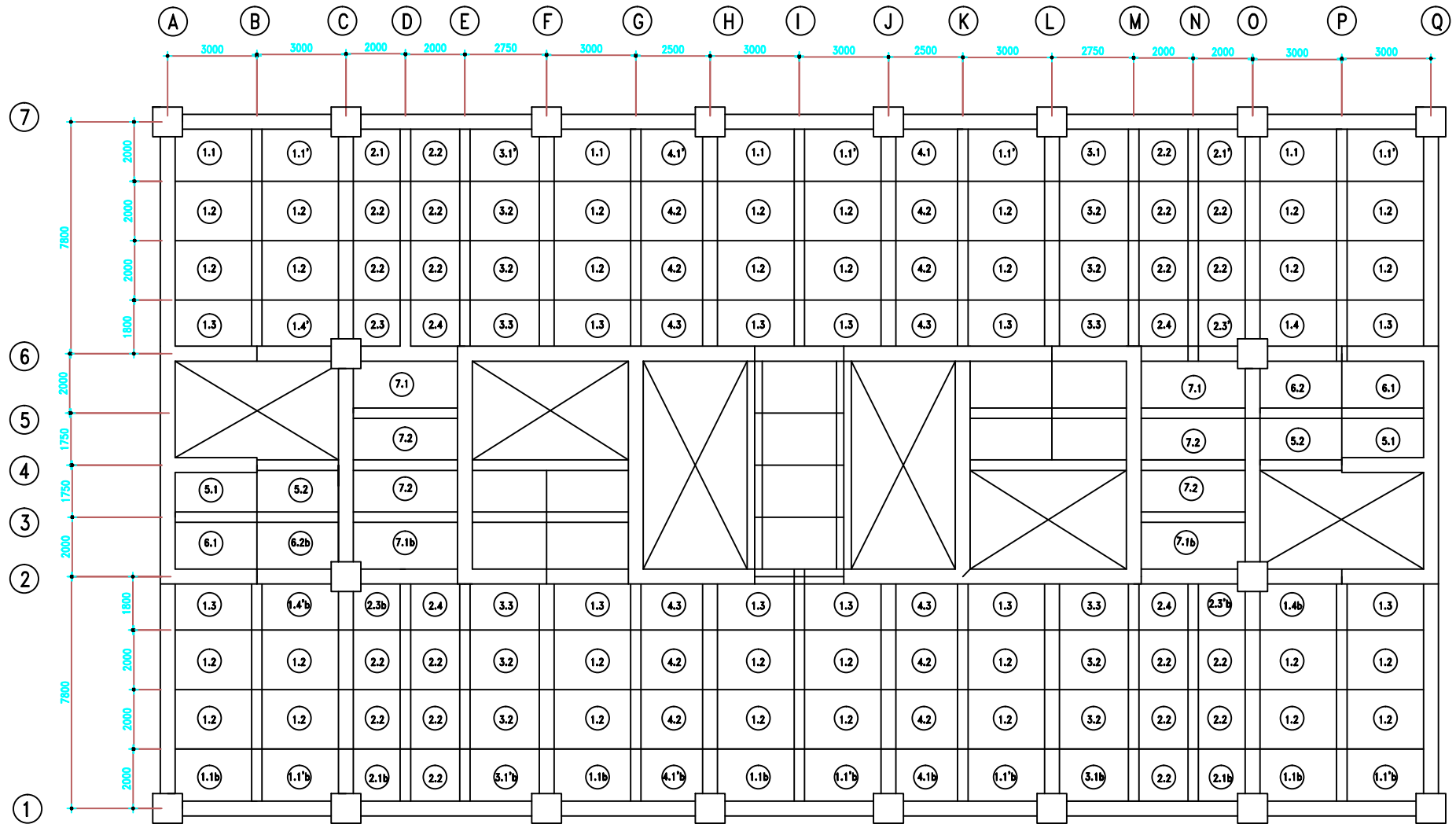
**SKALA**

1 : 50

**NO. GAMBAR**

9





⊕ DENAH MODUL PELAT PRECAST  
SKALA 1:200



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL BALOK ANAK

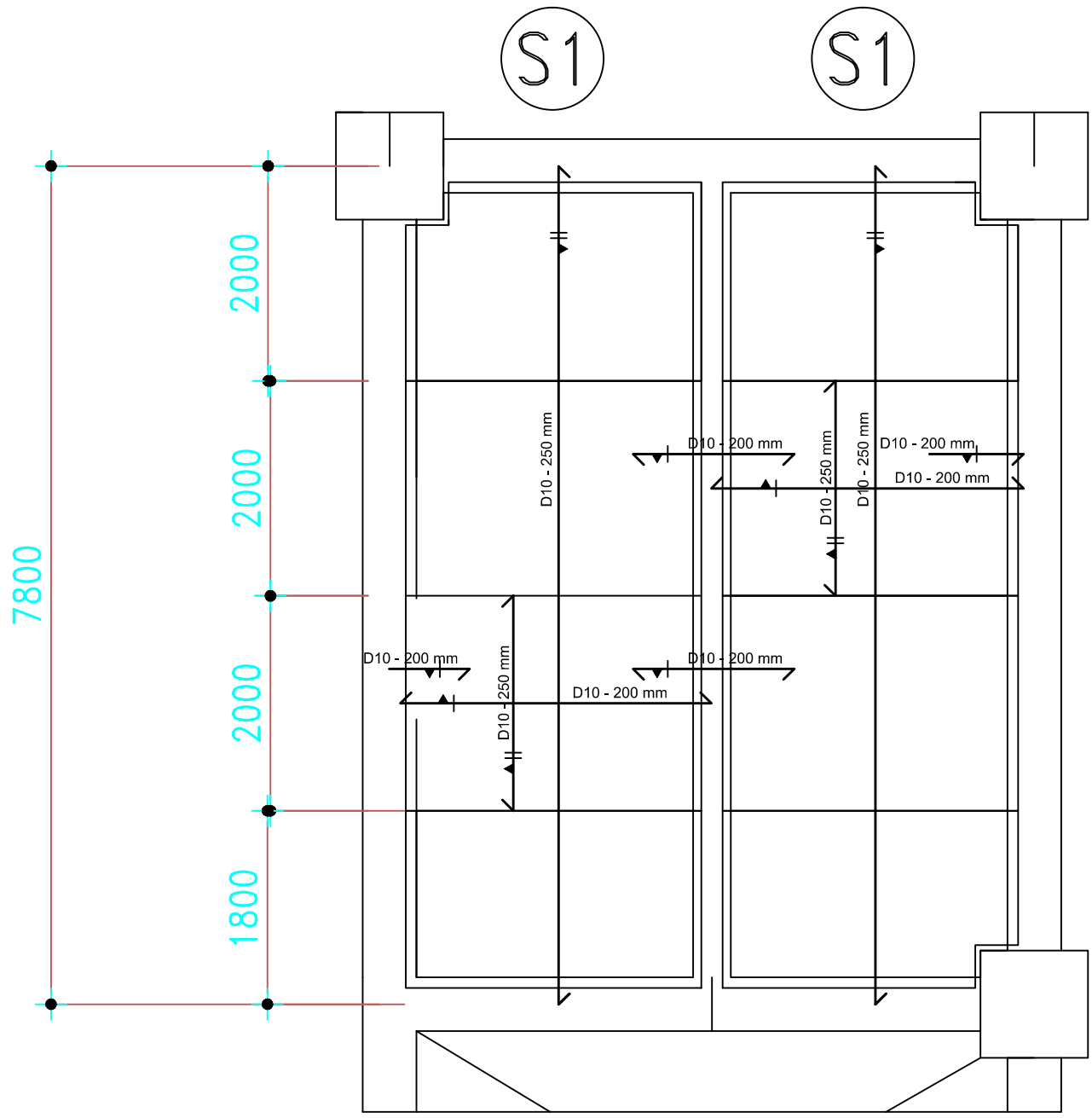
KETERANGAN

**SKALA**

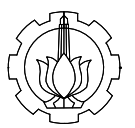
1 : 200

**NO. GAMBAR**

10



DETAIL PENULANGAN  
 MODUL PELAT S1 DAN S1  
 SKALA 1:60



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

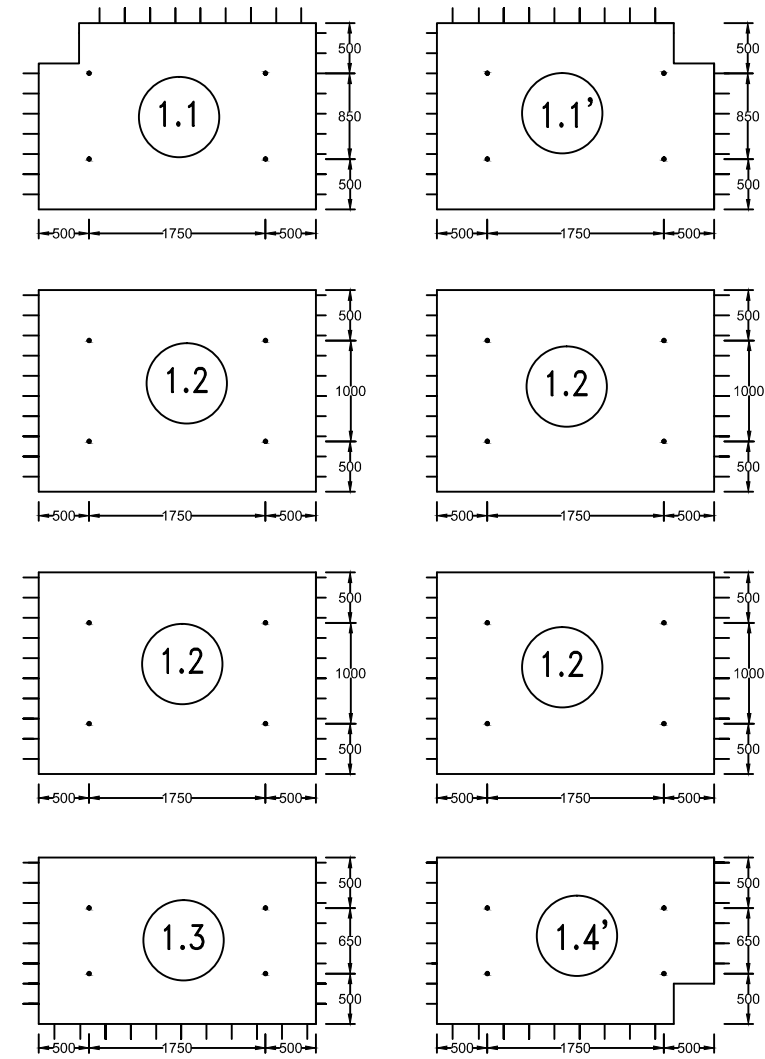
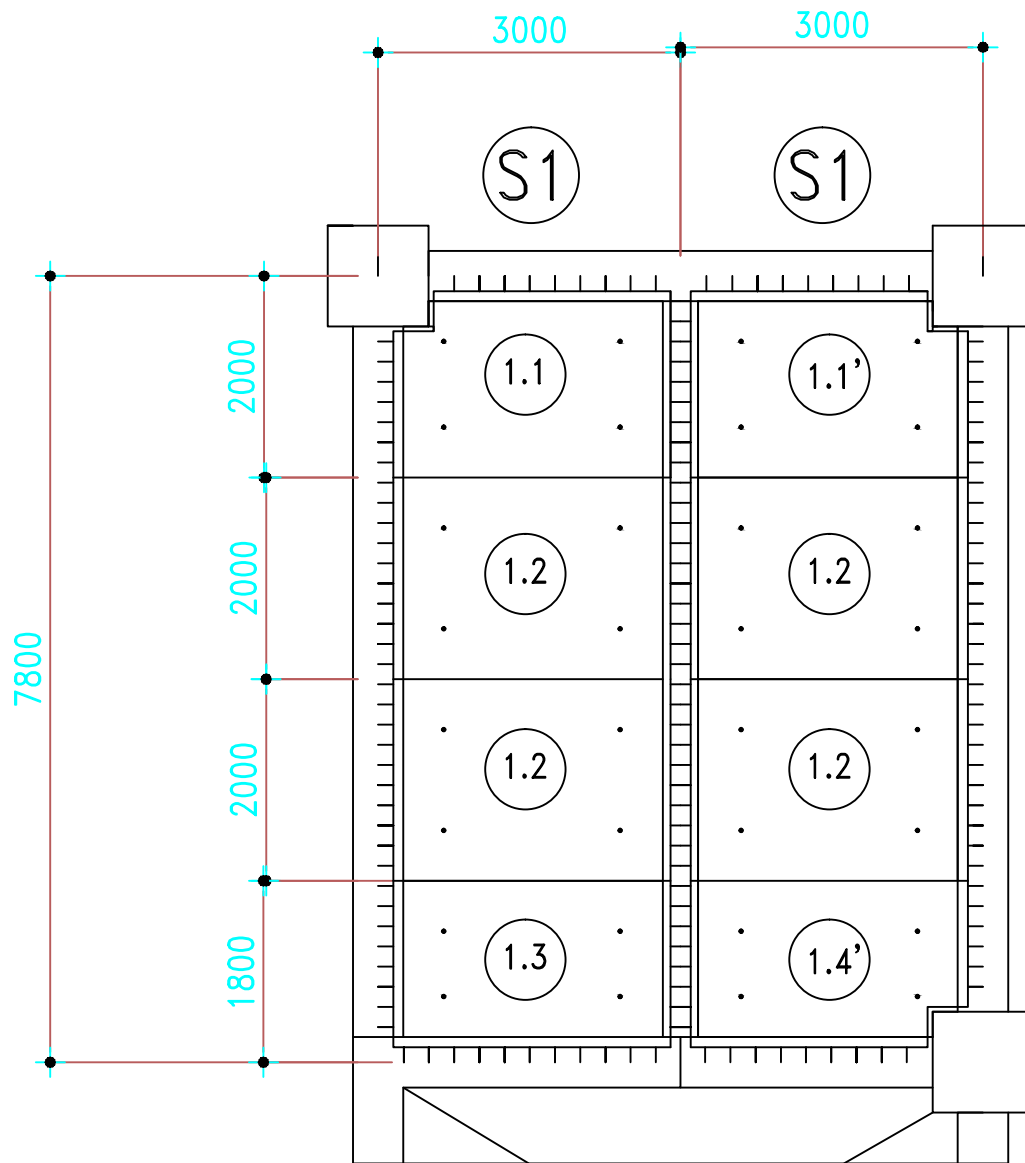
**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**  
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**  
 Free Apiantoro  
 031115400041

**NAMA GAMBAR**  
 MODUL PELAT PRECAST PELAT S1 dan S2  
**KETERANGAN**

**SKALA**  
 1 : 60  
**NO. GAMBAR**  
 11



⊕ DETAIL PENULANGAN MODUL PELAT S1 DAN S1  
SKALA 1:75



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

MODUL PELAT PRECAST PELAT S1 dan S2

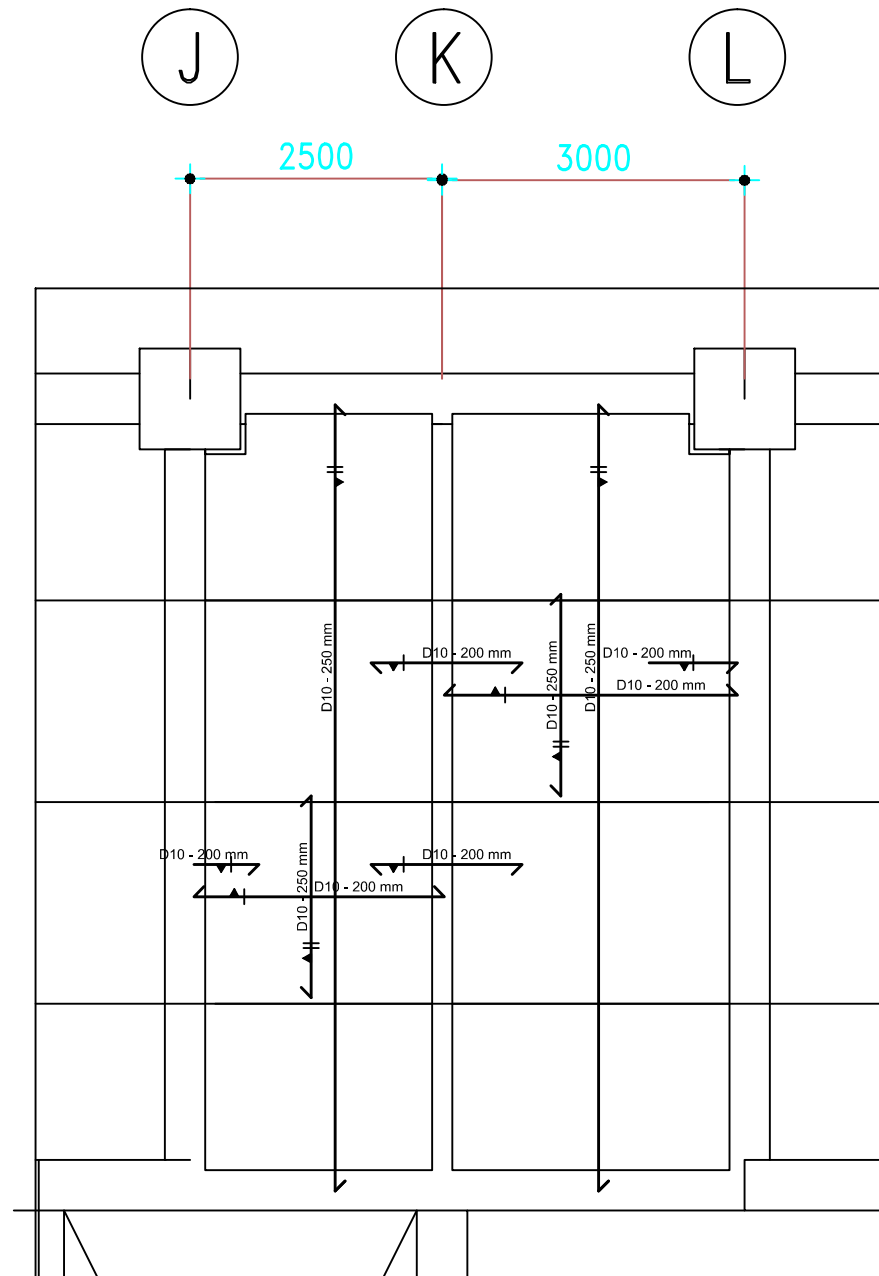
**KETERANGAN**

**SKALA**

1 :75

**NO. GAMBAR**

12



DETAIL PENULANGAN MODUL  
 PELAT S4 DAN S1  
 SKALA 1:75



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
 031115400041

**NAMA GAMBAR**

MODUL PELAT PRECAST PELAT S7 dan S2

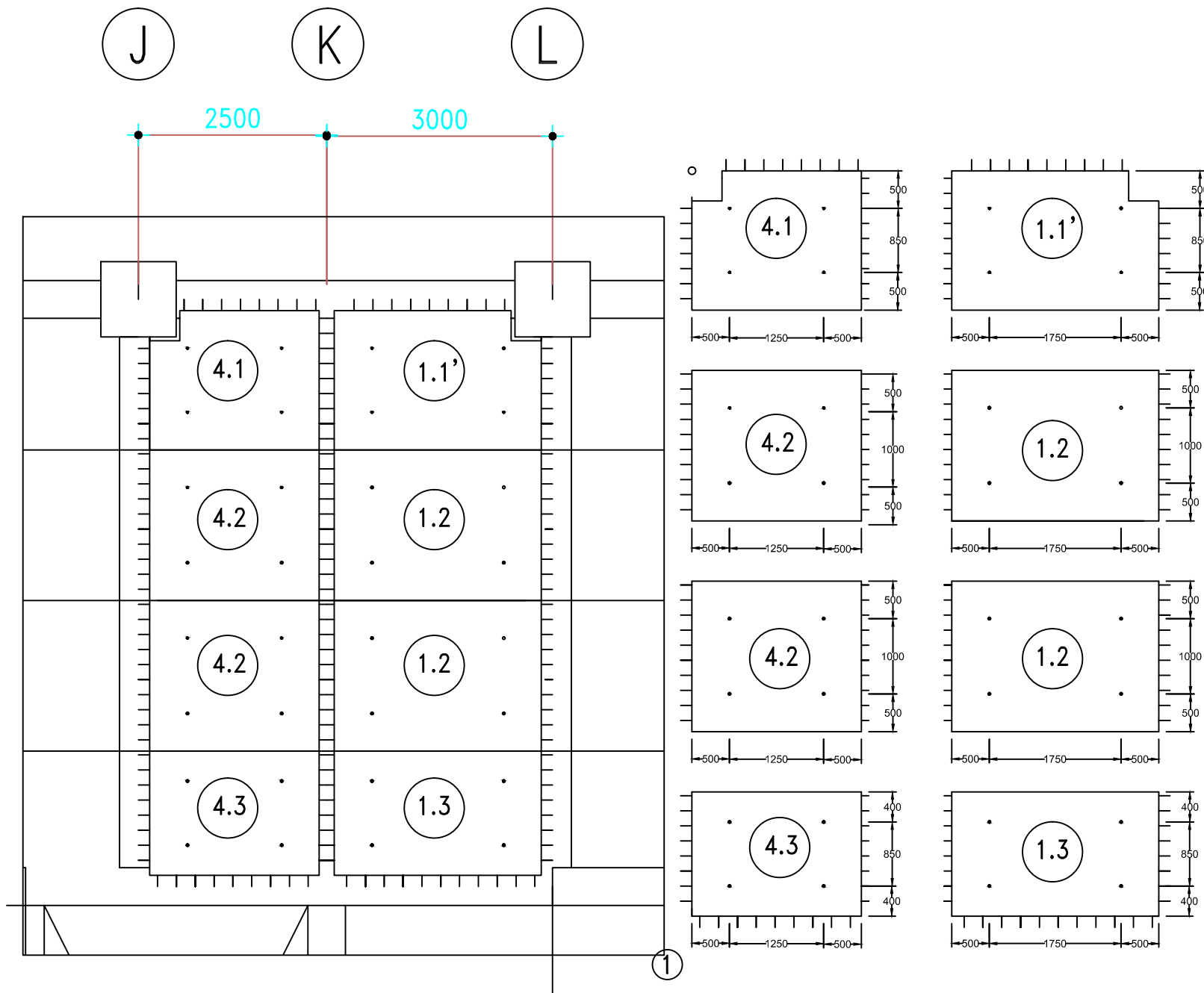
**KETERANGAN**

**SKALA**

1 : 75

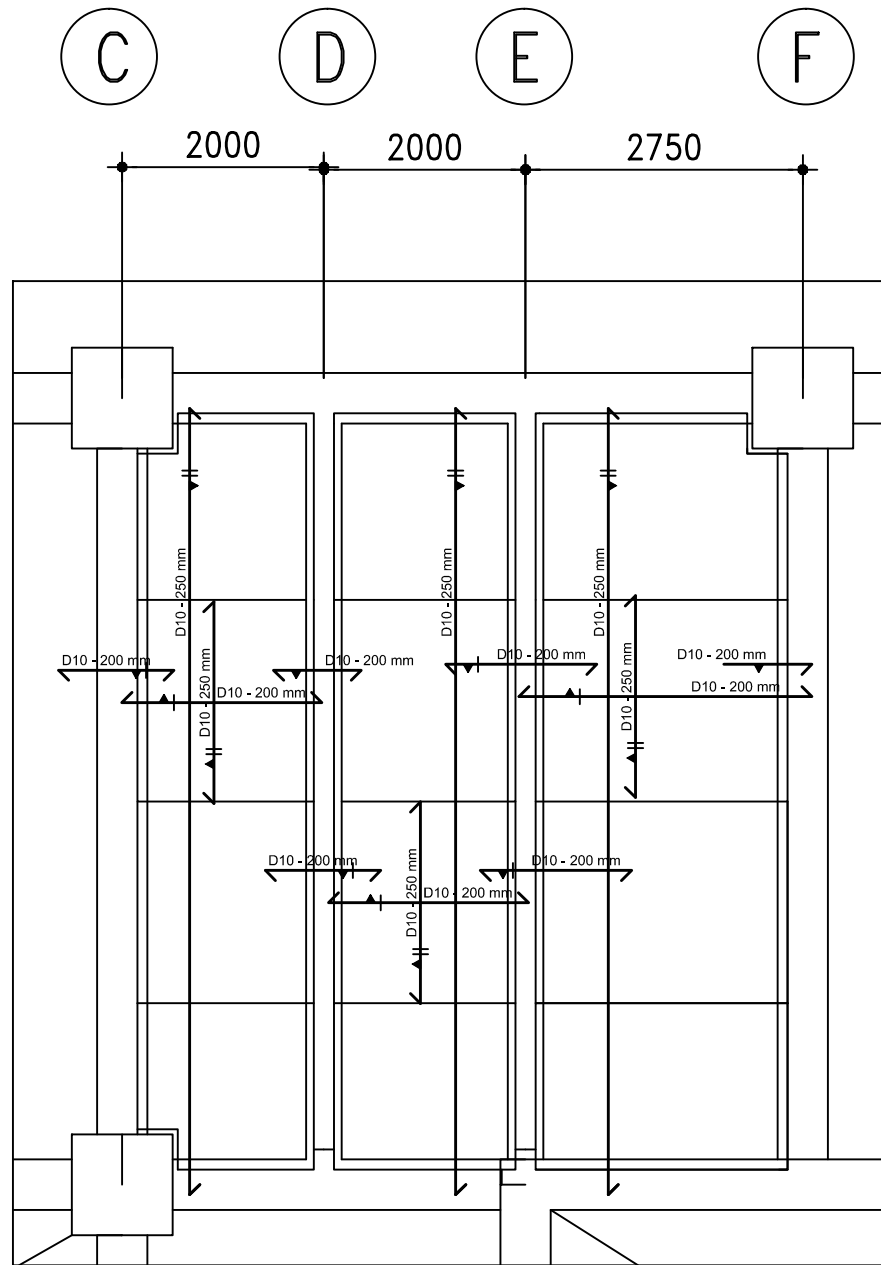
**NO. GAMBAR**

13



DETAIL PENULANGAN  
 MODUL PELAT S4  
 DAN S1  
 SKALA 1:75

	<b>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</b> FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	<b>TUGAS AKHIR</b>	<b>DOSEN PEMBIMBING</b>	<b>NAMA MAHASISWA</b>	<b>NAMA GAMBAR</b>	<b>SKALA</b>
			Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA	Free Apiantoro 031115400041	MODUL PELAT PRECAST PELAT S7 dan S2	1 : 75
					<b>KETERANGAN</b>	<b>NO. GAMBAR</b> 14



DETAIL PENULANGAN MODUL  
 PELAT S2, S2 DAN S3  
 SKALA 1:75



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
 0311154000041

**NAMA GAMBAR**

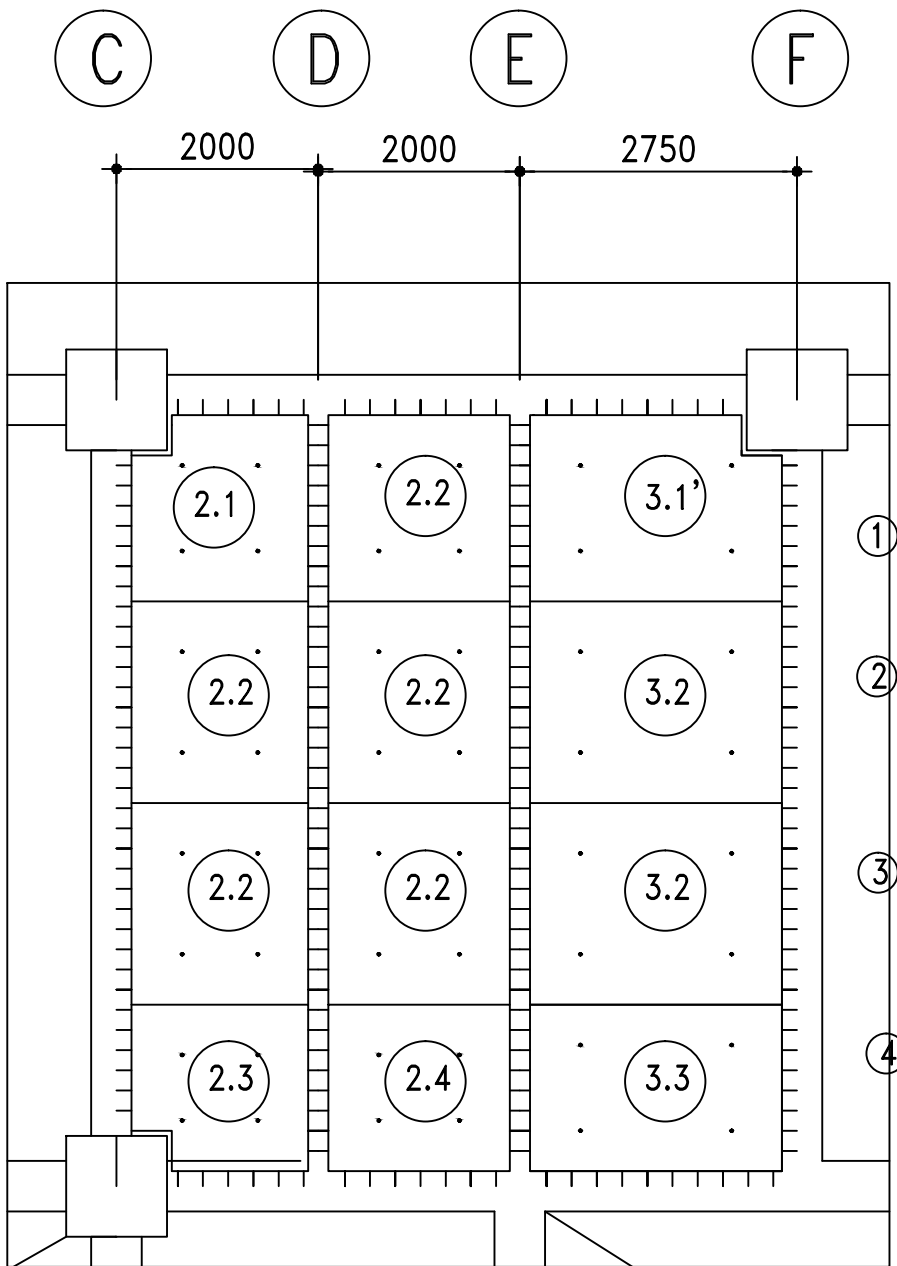
MODUL PELAT PRECAST PELAT S3, S4 dan  
 S5

**SKALA**

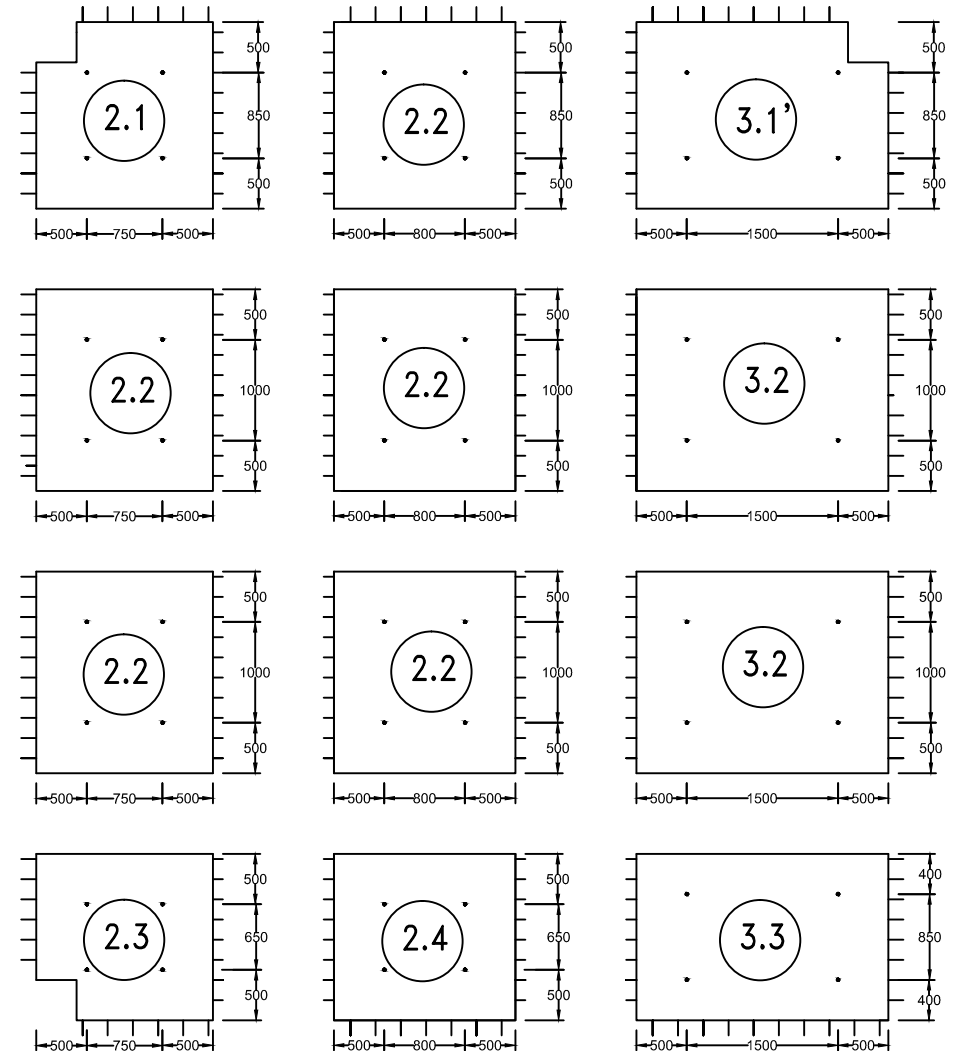
1 : 75

**NO. GAMBAR**

15



⊕ DETAIL PENULANGAN MODUL PELAT S2, S2 DAN S3  
SKALA 1:75



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
0311154000041

**NAMA GAMBAR**

MODUL PELAT PRECAST PELAT S3, S4 dan  
S5

**SKALA**

1 : 75

**NO. GAMBAR**

16

TIPE KOLOM	K1		K2		K3		
	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL KOLOM							
DIMENSI		800 × 800 mm	800 × 800 mm	1000 × 1000 mm	1000 × 1000 mm	1100 × 1100 mm	1100 × 1100 mm
TULANGAN		16 D25	16 D25	20 D25	20 D25	24 D25	24 D25
SENGKANG		4 D16 - 100 mm	4 D16 - 150 mm	5 D16 - 100 mm	5 D16 - 150 mm	5 D16 - 100 mm	5 D16 - 150 mm

TIPE KOLOM	K4		K5		K6		
	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL KOLOM							
DIMENSI		1200 × 1200 mm	1200 × 1200 mm	1300 × 1300 mm	1300 × 1300 mm	1400 × 1400 mm	1400 × 1400 mm
TULANGAN		32 D25	32 D25	36 D25	36 D25	40 D25	40 D25
SENGKANG		5D16 - 100 mm	5 D16 - 150 mm	5D19 - 100 mm	5 D19 - 150 mm	6 D16 - 100 mm	6 D16 - 150 mm

⊕ REKAPITULASI DETAIL KOLOM  
SKALA 1:40



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

REKAPITULASI DETAIL KOLOM

**KETERANGAN**

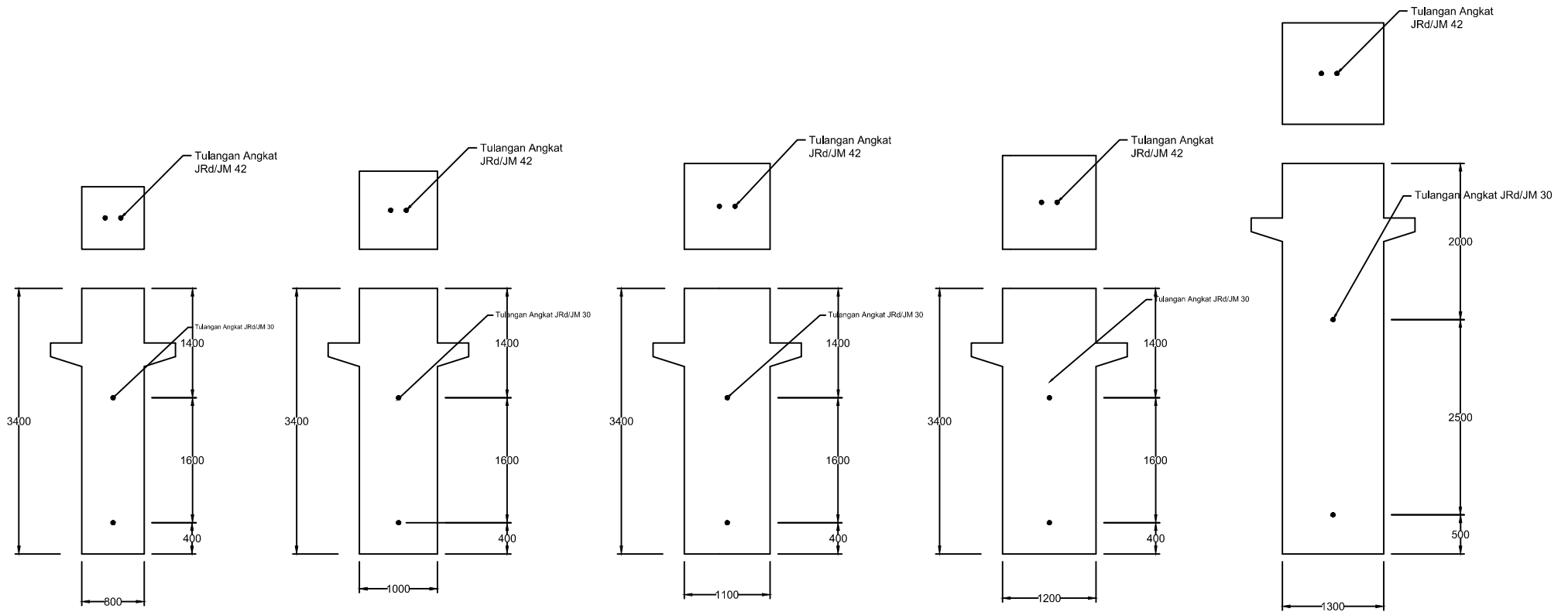
**SKALA**

1 : 40

**NO. GAMBAR**

17





⊙ DETAIL LETAK TITIK ANGKAT KOLOM  
SKALA 1:75



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL LETAK TITIK ANGKAT KOLOM

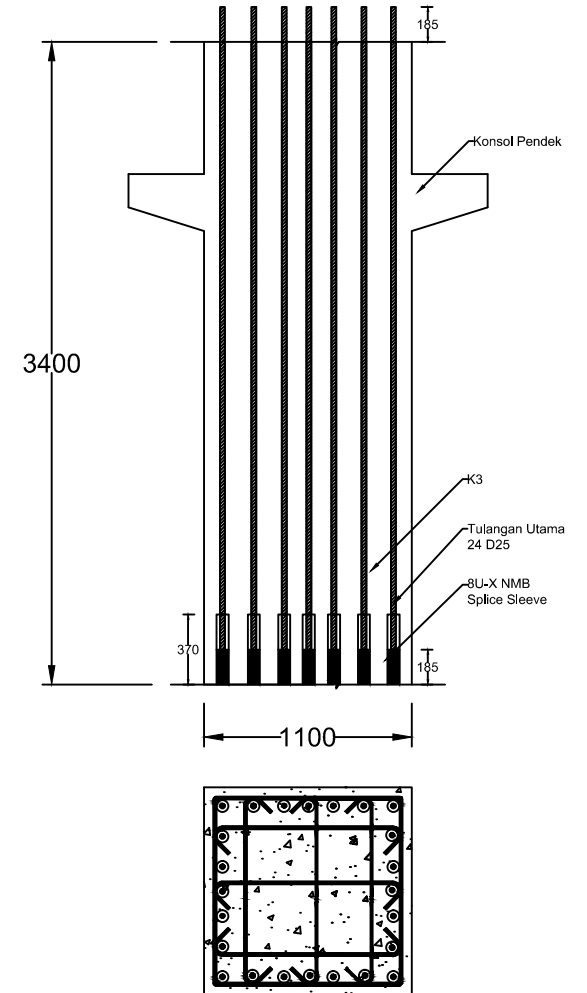
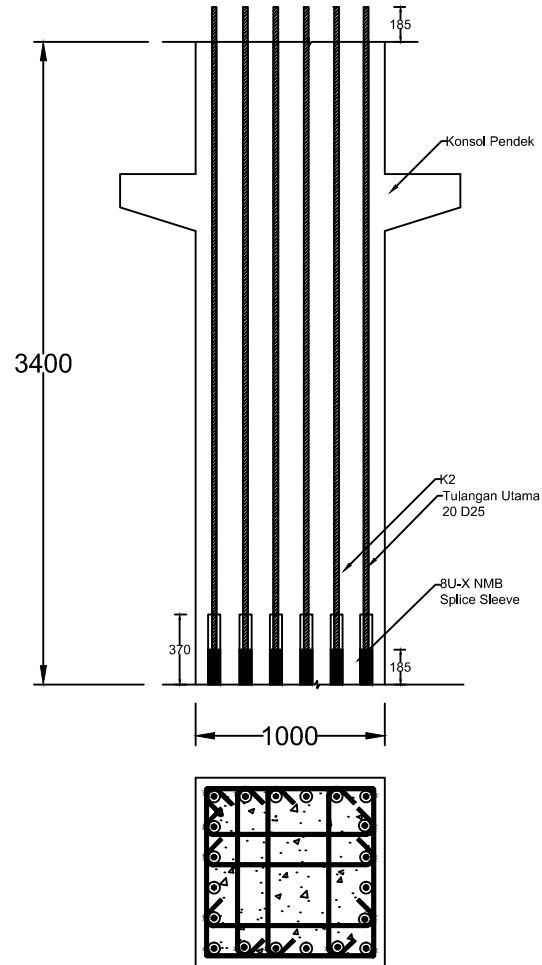
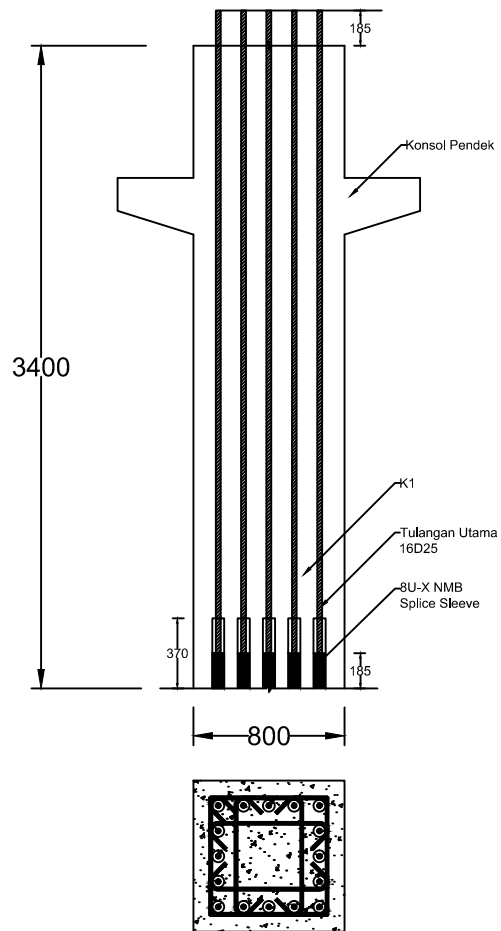
**KETERANGAN**

**SKALA**

1 : 75

**NO. GAMBAR**

18



⊕ DETAIL PENULANGAN KOLOM  
SKALA 1:40



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
0311154000041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN KOLOM

**KETERANGAN**

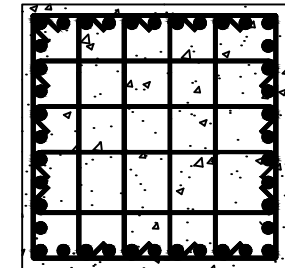
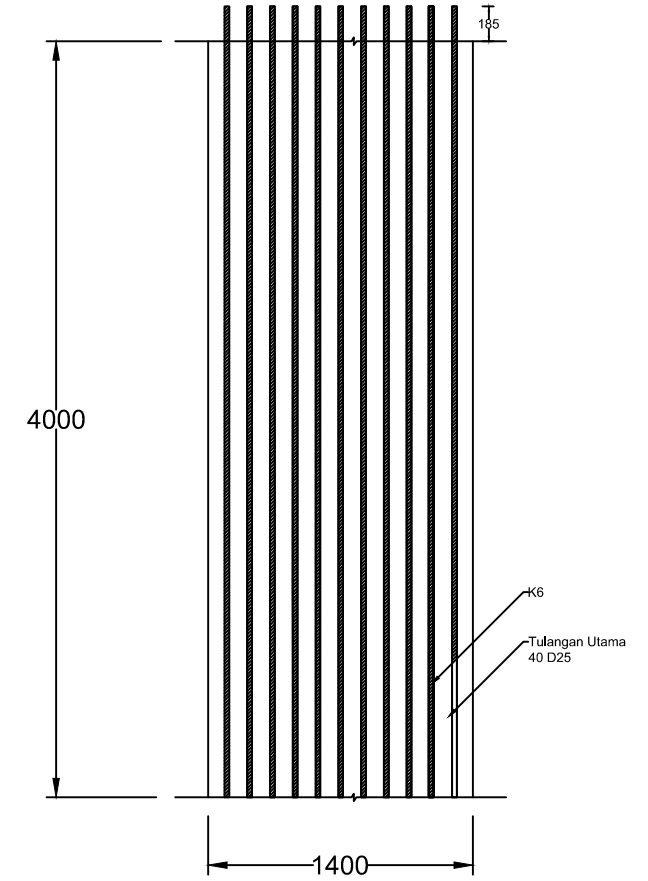
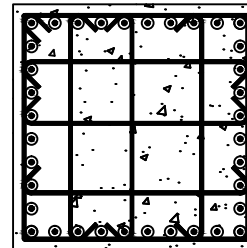
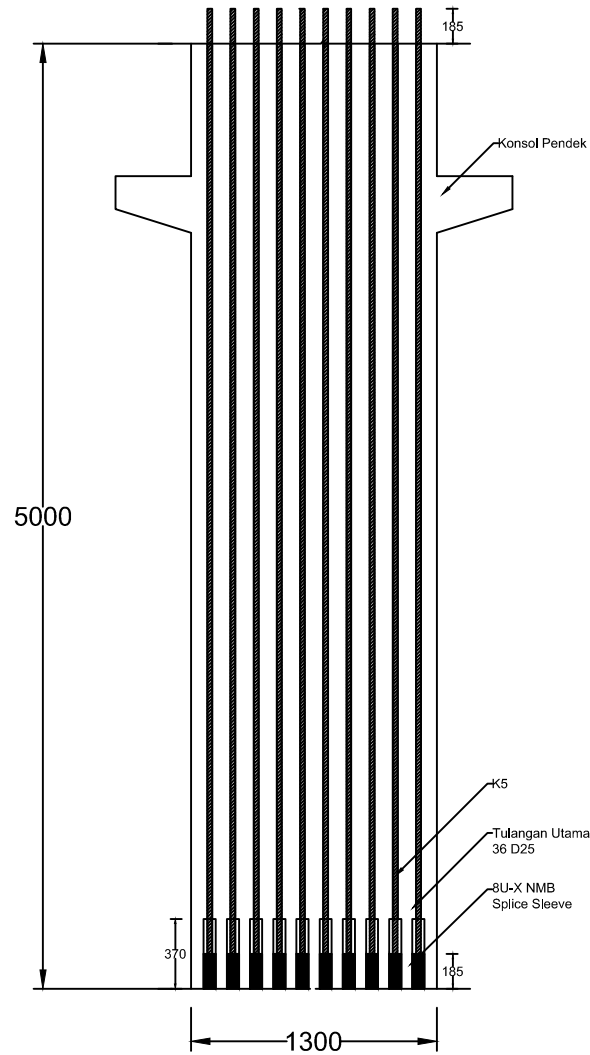
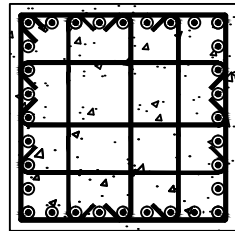
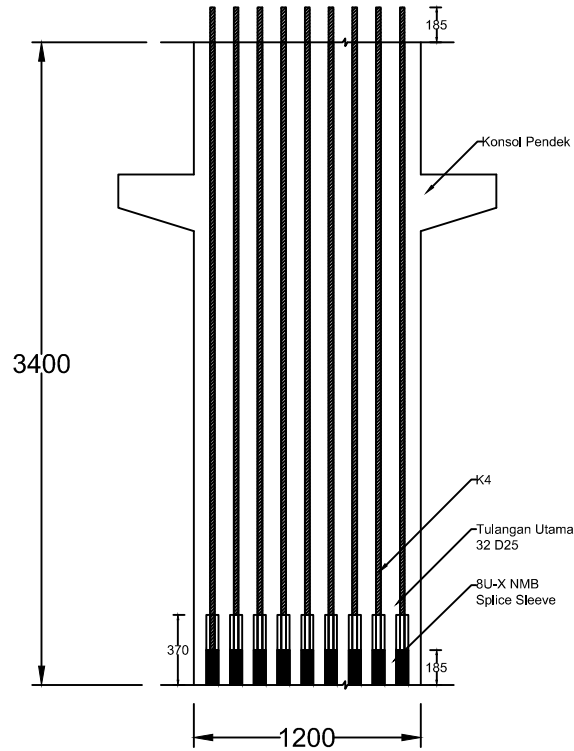
**SKALA**

1 : 40

**NO. GAMBAR**

19

⊕ DETAIL PENULANGAN KOLOM  
SKALA 1:40



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
0311154000041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN KOLOM

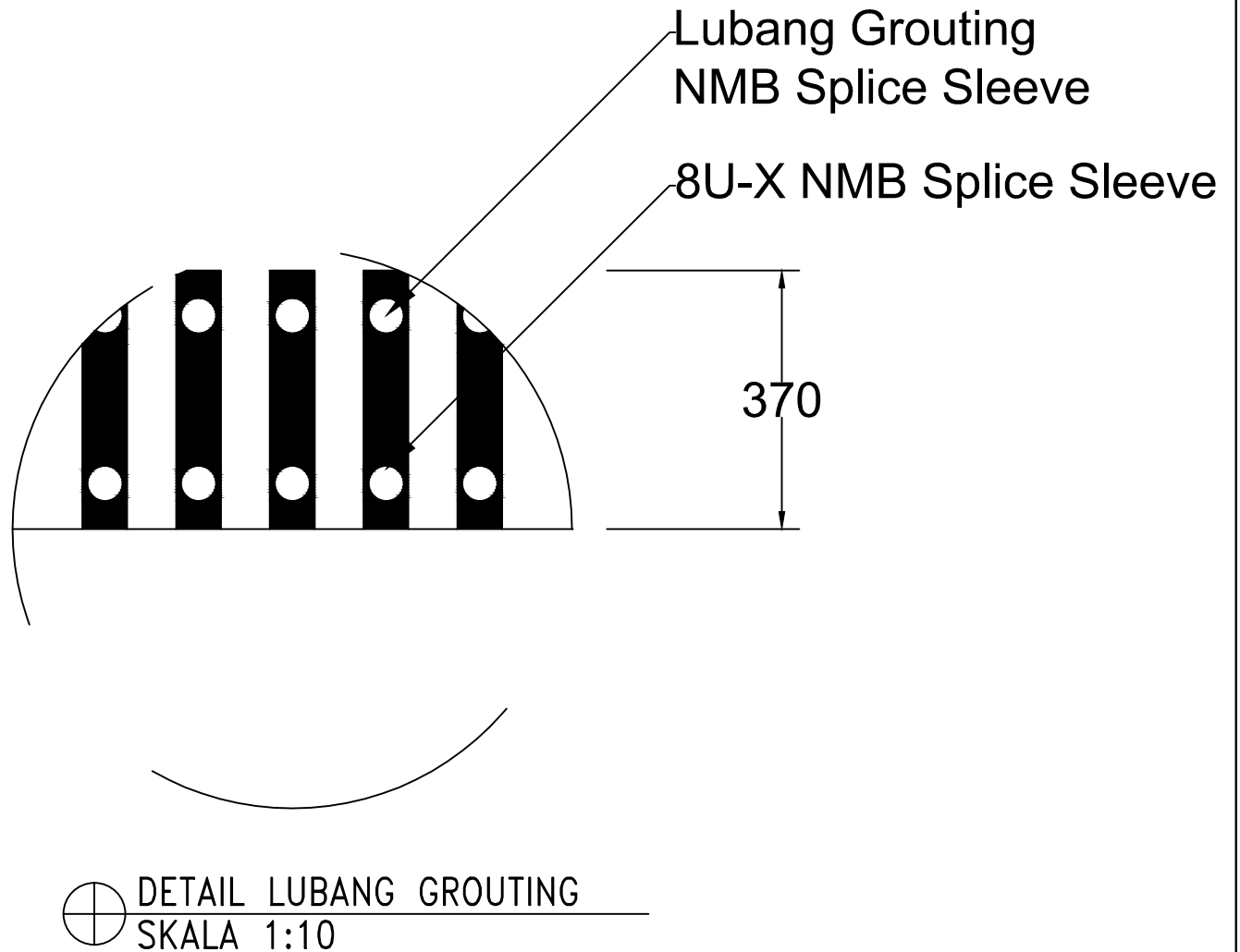
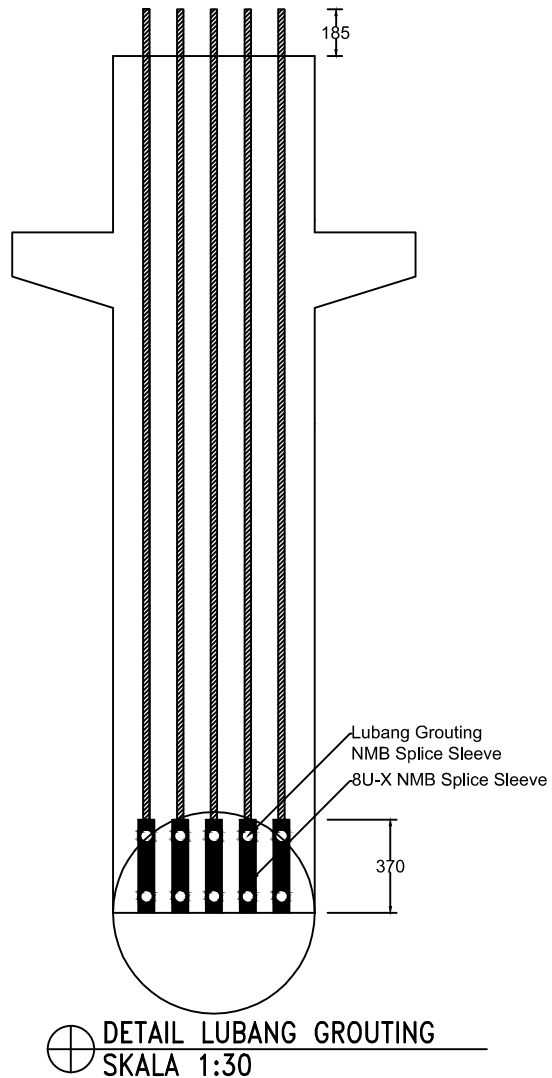
**KETERANGAN**

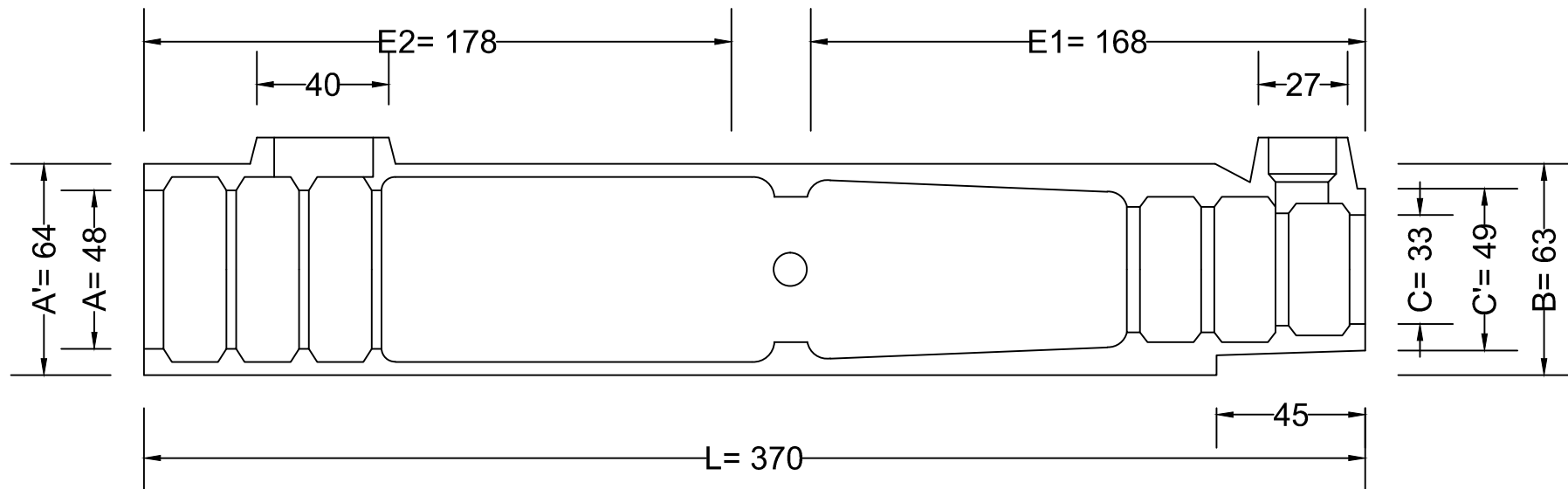
**SKALA**

1 : 40

**NO. GAMBAR**

20





⊕ DETAIL NMB SPLICE SLEEVE  
SKALA 1:2



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

NAMA MAHASISWA

Free Apiantoro  
0311154000041

NAMA GAMBAR

DETAIL NMB SPLICE SLEEVE

KETERANGAN

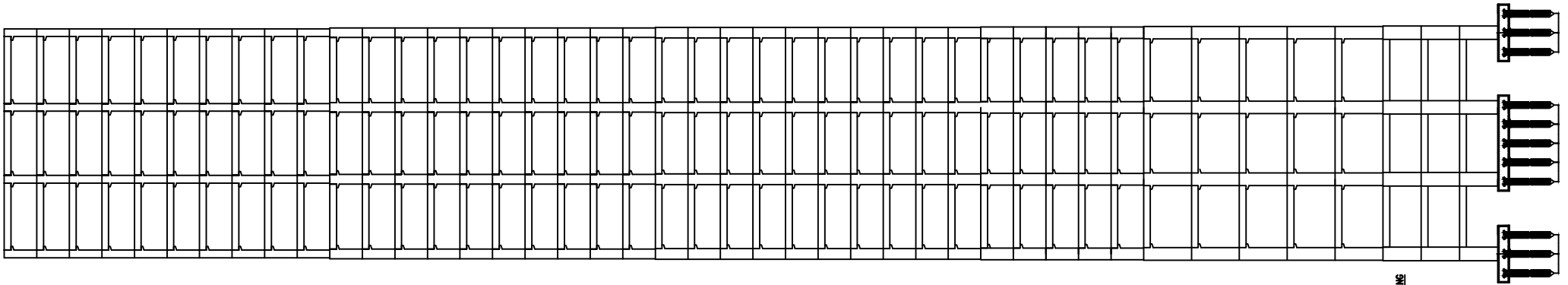
SKALA

1 : 2

NO. GAMBAR

22

Lantai 40  
Lantai 39  
Lantai 38  
Lantai 37  
Lantai 36  
Lantai 35  
Lantai 34  
Lantai 33  
Lantai 32  
Lantai 31  
Lantai 30  
Lantai 29  
Lantai 28  
Lantai 27  
Lantai 26  
Lantai 25  
Lantai 24  
Lantai 23  
Lantai 22  
Lantai 21  
Lantai 20  
Lantai 19  
Lantai 18  
Lantai 17  
Lantai 16  
Lantai 15  
Lantai 14  
Lantai 13  
Lantai 12  
Lantai 11  
Lantai 10  
Lantai 9  
Lantai 8  
Lantai 7  
Lantai 6  
Lantai 5  
Lantai 4  
Lantai 3  
Lantai 2  
Lantai 1  
Gedung  
Lantai Dasar  
Lantai Bawah  
Rencana 1  
Rencana 2



POTONGAN MELINTANG  
SKALA 1:800



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

POTONGAN MELINTANG

KETERANGAN

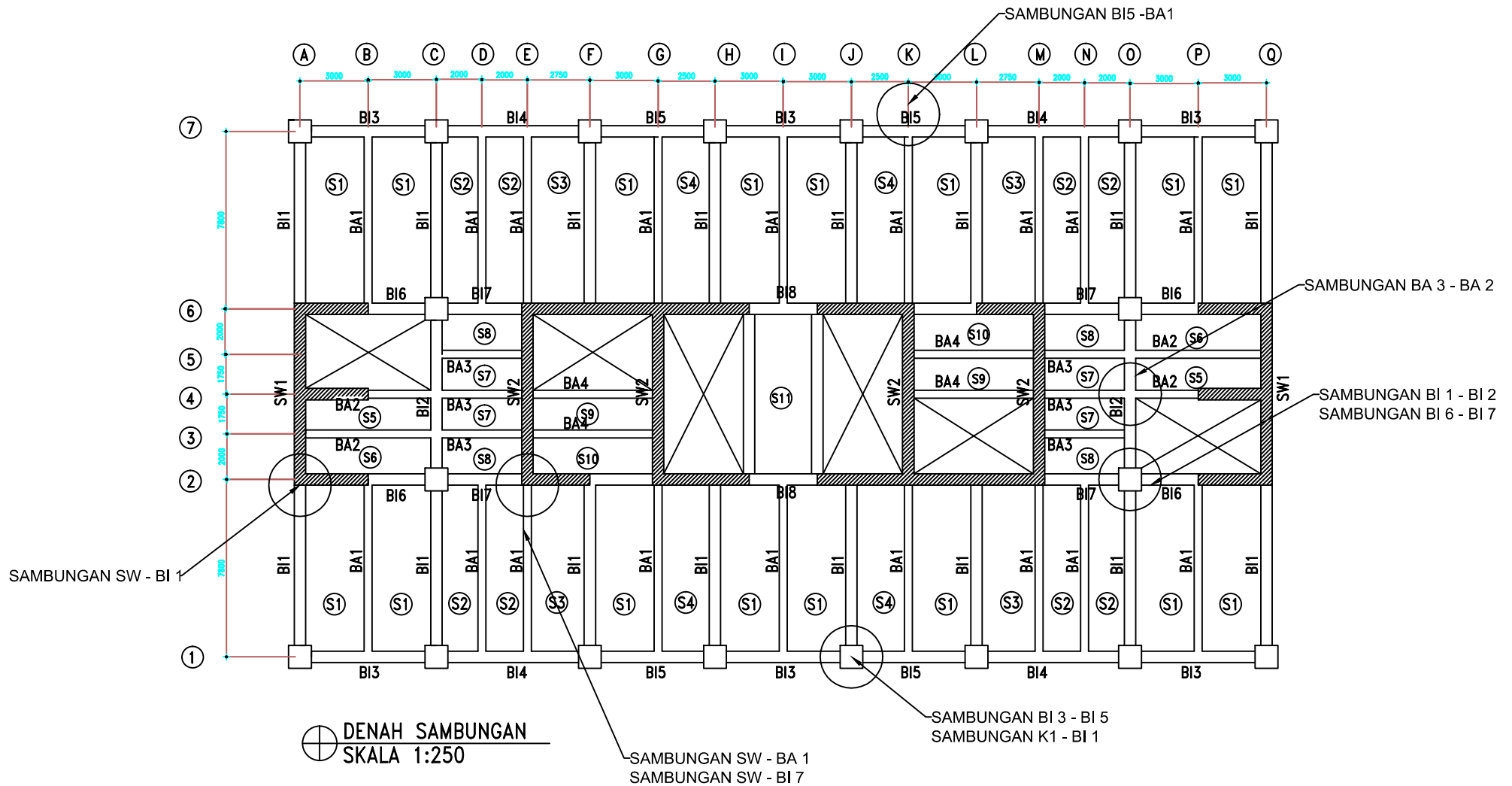
**SKALA**

1 : 700

**NO. GAMBAR**

23





**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
0311154000041

**NAMA GAMBAR**

DENAH TINJAUAN SAMBUNGAN

KETERANGAN

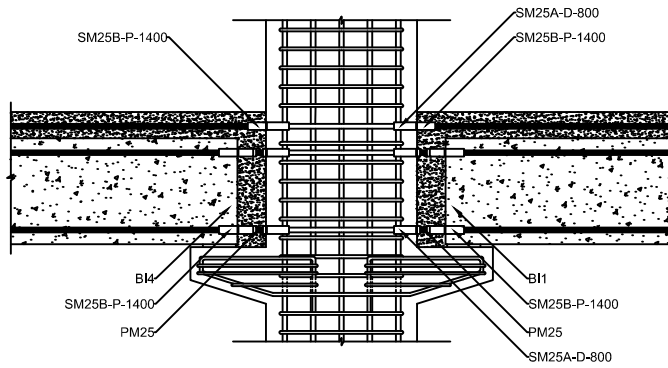
**SKALA**

1 : 250

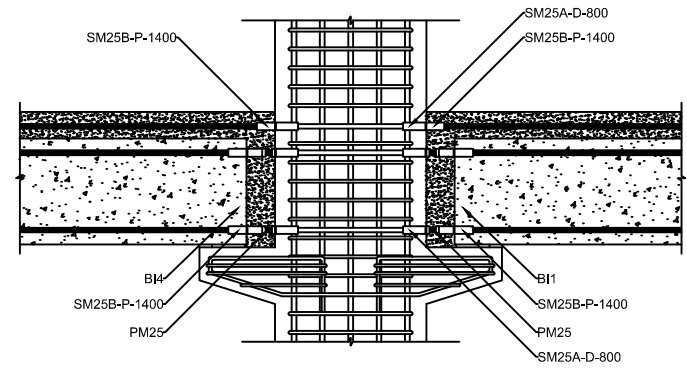
**NO. GAMBAR**

25

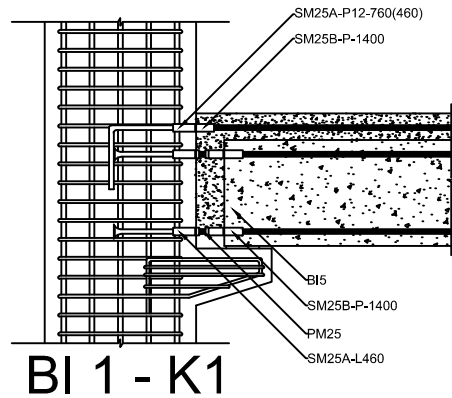




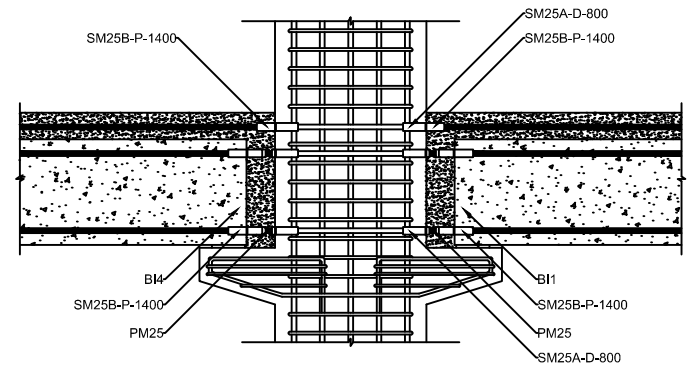
**BI 3-BI 5 - K1**  
(Pot. Ujung)



**BI1-BI2 - K1**  
(Pot. Ujung)



**BI 1 - K1**



**BI7-BI6 - K1**  
(Pot. Ujung)



**DETAIL SAMBUNGAN**  
**SKALA 1:40**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL SAMBUNGAN

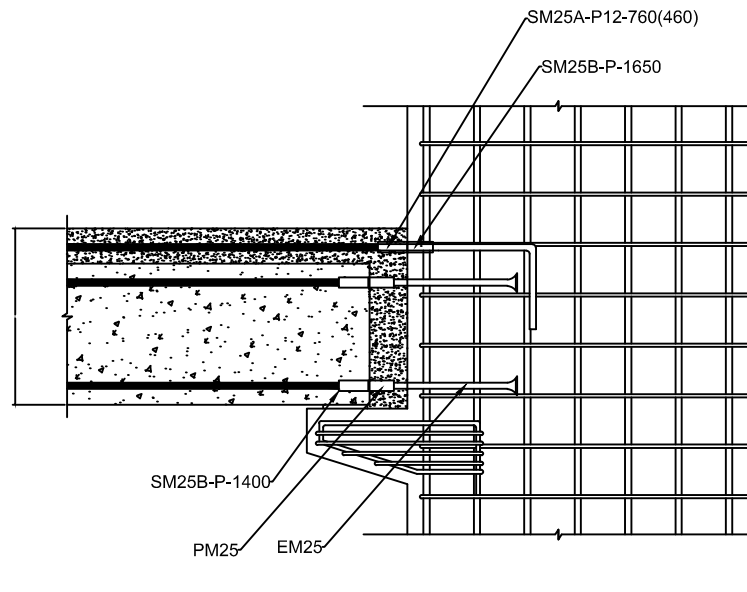
KETERANGAN

**SKALA**

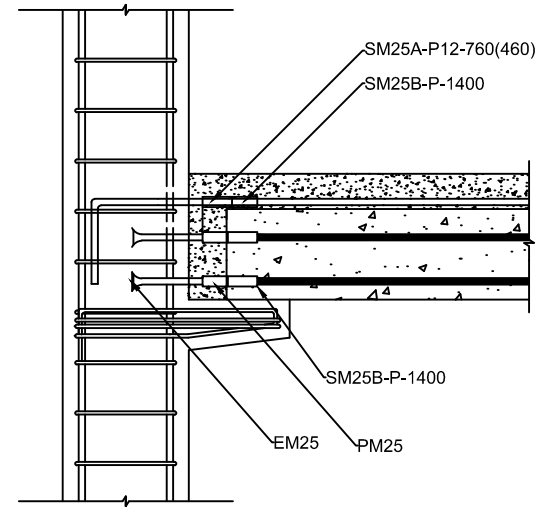
1 : 40

**NO. GAMBAR**

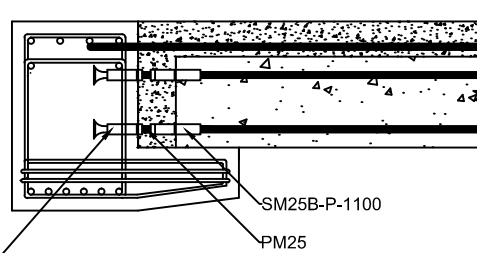
26



BI 1-SW

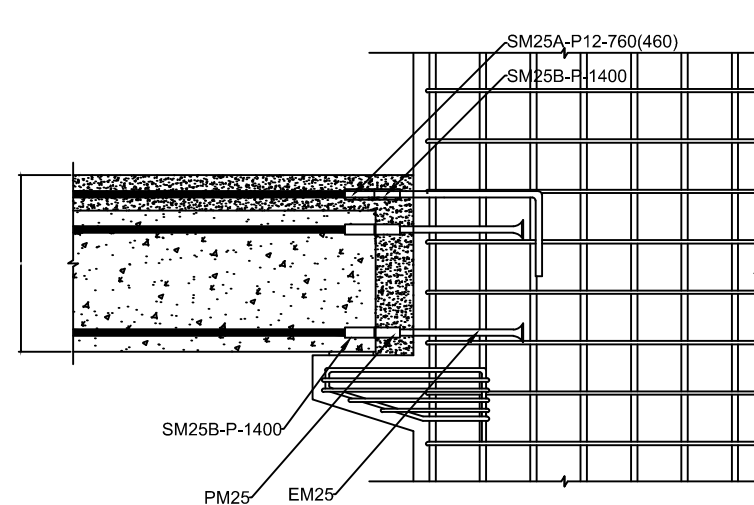


BA1-SW



BI 5-BA 1

DETAIL SAMBUNGAN  
SKALA 1:30



BI 7-SW



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

NAMA MAHASISWA

Free Apiantoro  
031115400041

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN

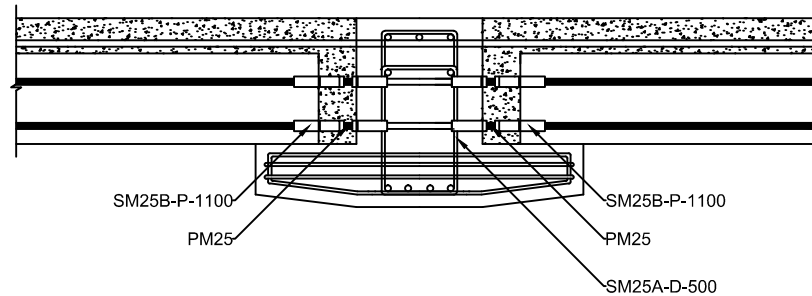
KETERANGAN

SKALA

1 : 30

NO. GAMBAR

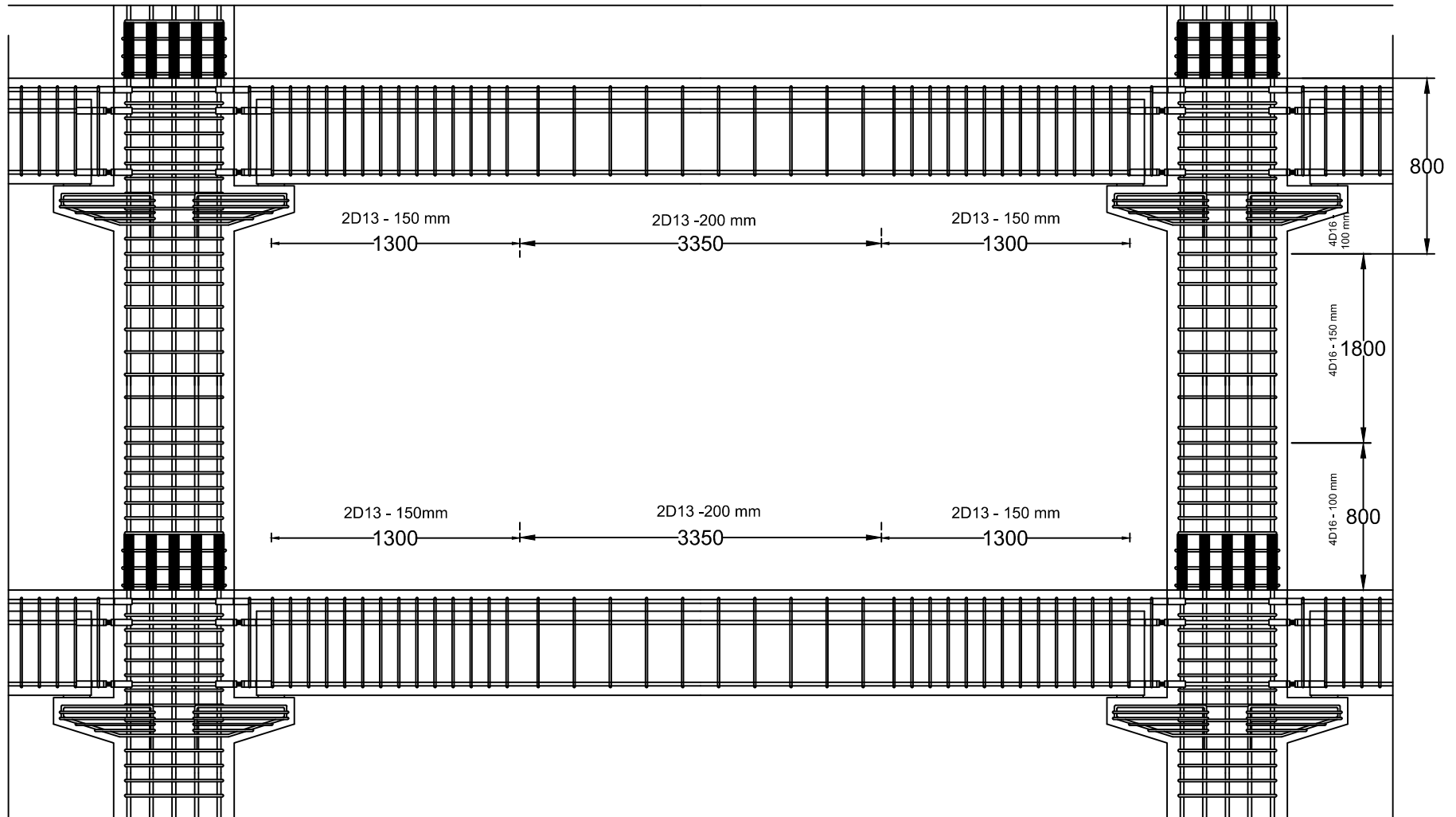
27



# BA2-BA3 - B12 (Pot. Ujung)

⊕ DETAIL SAMBUNGAN  
SKALA 1:40

	<b>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</b> FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	<b>TUGAS AKHIR</b>	<b>DOSEN PEMBIMBING</b>	<b>NAMA MAHASISWA</b>	<b>NAMA GAMBAR</b>	<b>SKALA</b>
			Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA	Free Apiantoro 0311154000041	DETAIL SAMBUNGAN	1 : 40
					<b>KETERANGAN</b>	<b>NO. GAMBAR</b> 28



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
 031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PORTAL SAMBUNGAN

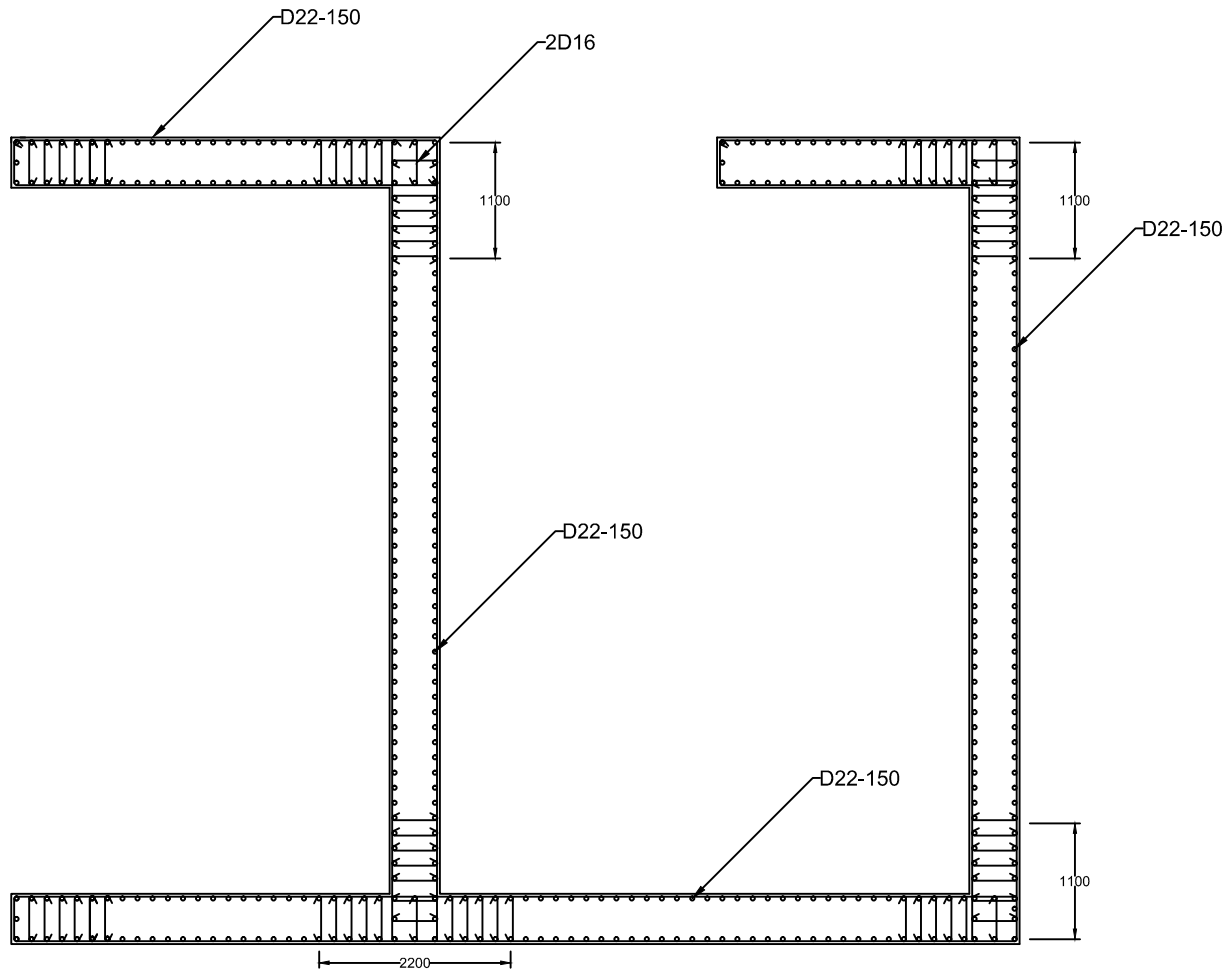
KETERANGAN

**SKALA**

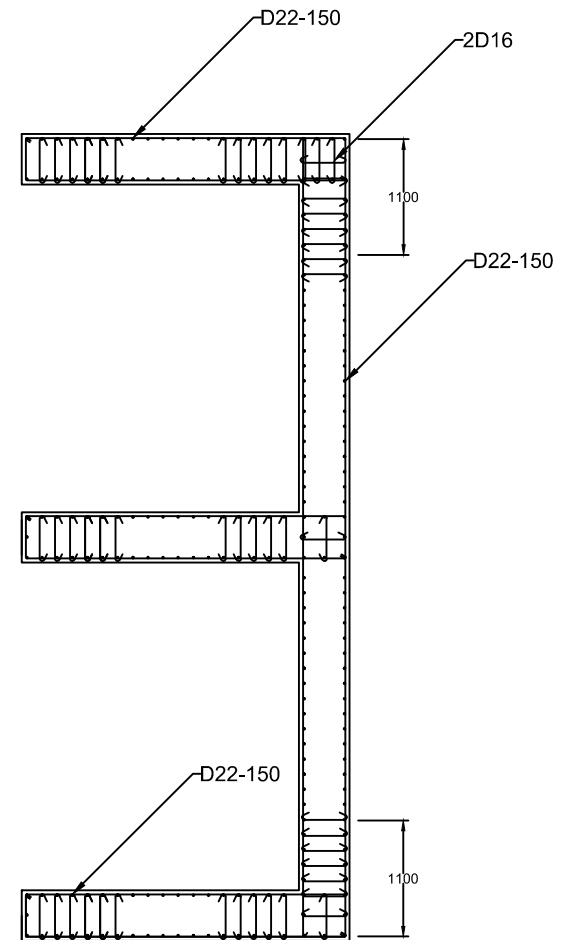
1 : 40

**NO. GAMBAR**

29



⊖ DETAIL SHEARWALL TYPE 2  
SKALA 1:75



⊖ DETAIL SHEARWALL TYPE 1  
SKALA 1:75



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
0311154000041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN SHEAR WALL

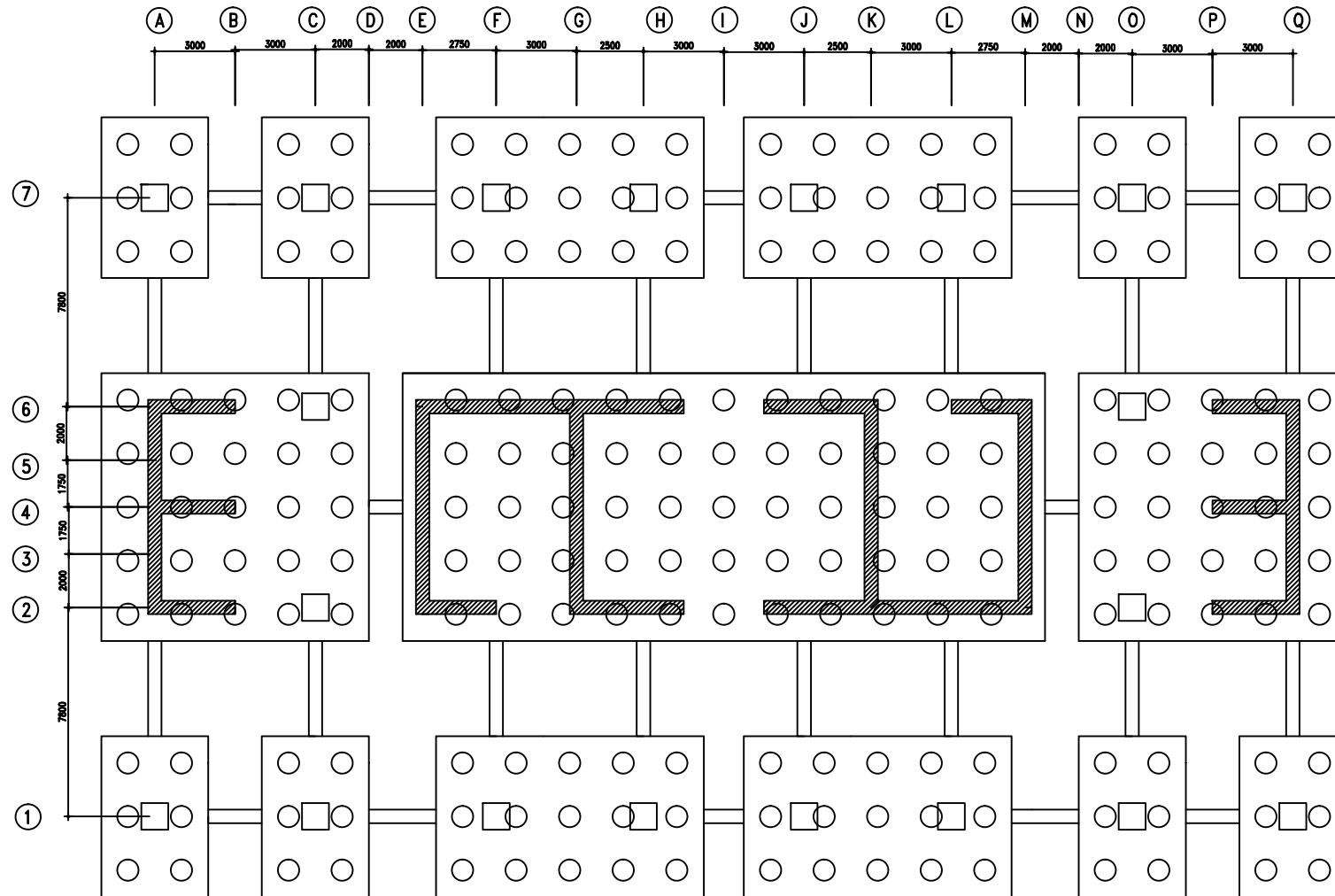
**KETERANGAN**

**SKALA**

1 : 75

**NO. GAMBAR**

30



⊕ DENAH PONDASI  
SKALA 1:250



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DENAH PONDASI

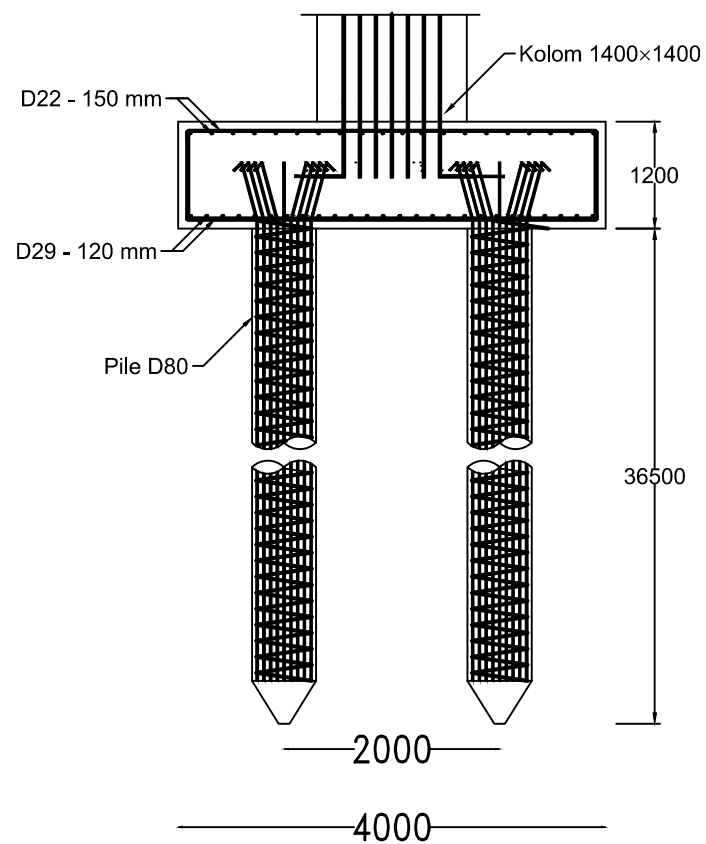
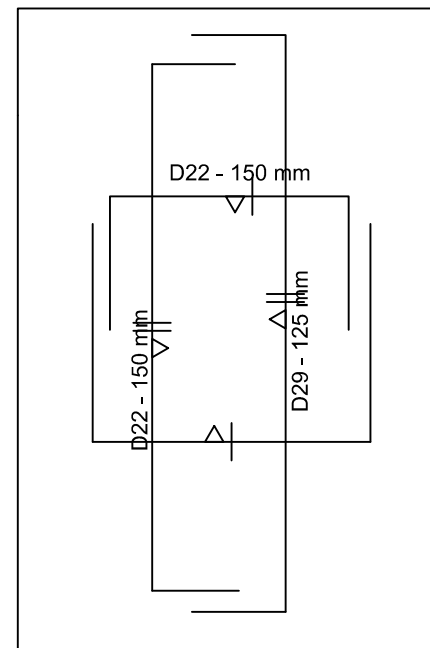
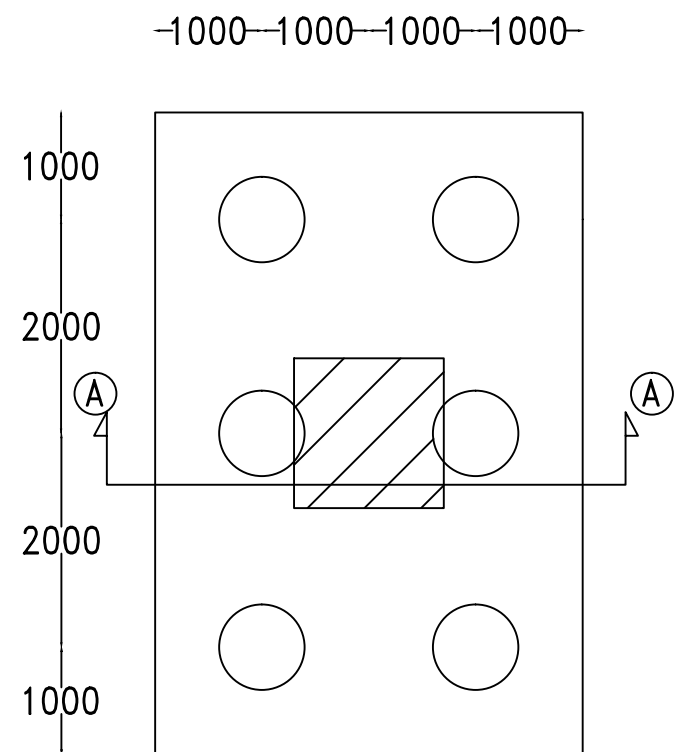
KETERANGAN

**SKALA**

1 : 250

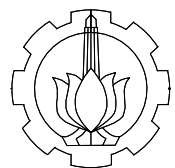
**NO. GAMBAR**

31



⊕ DETAIL PILE CAP TIPE 1  
SKALA 1:100

⊕ POTONGAN PILE CAP A-A  
SKALA 1:100



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PILE CAP TIPE 1

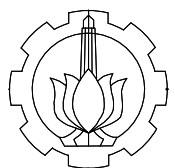
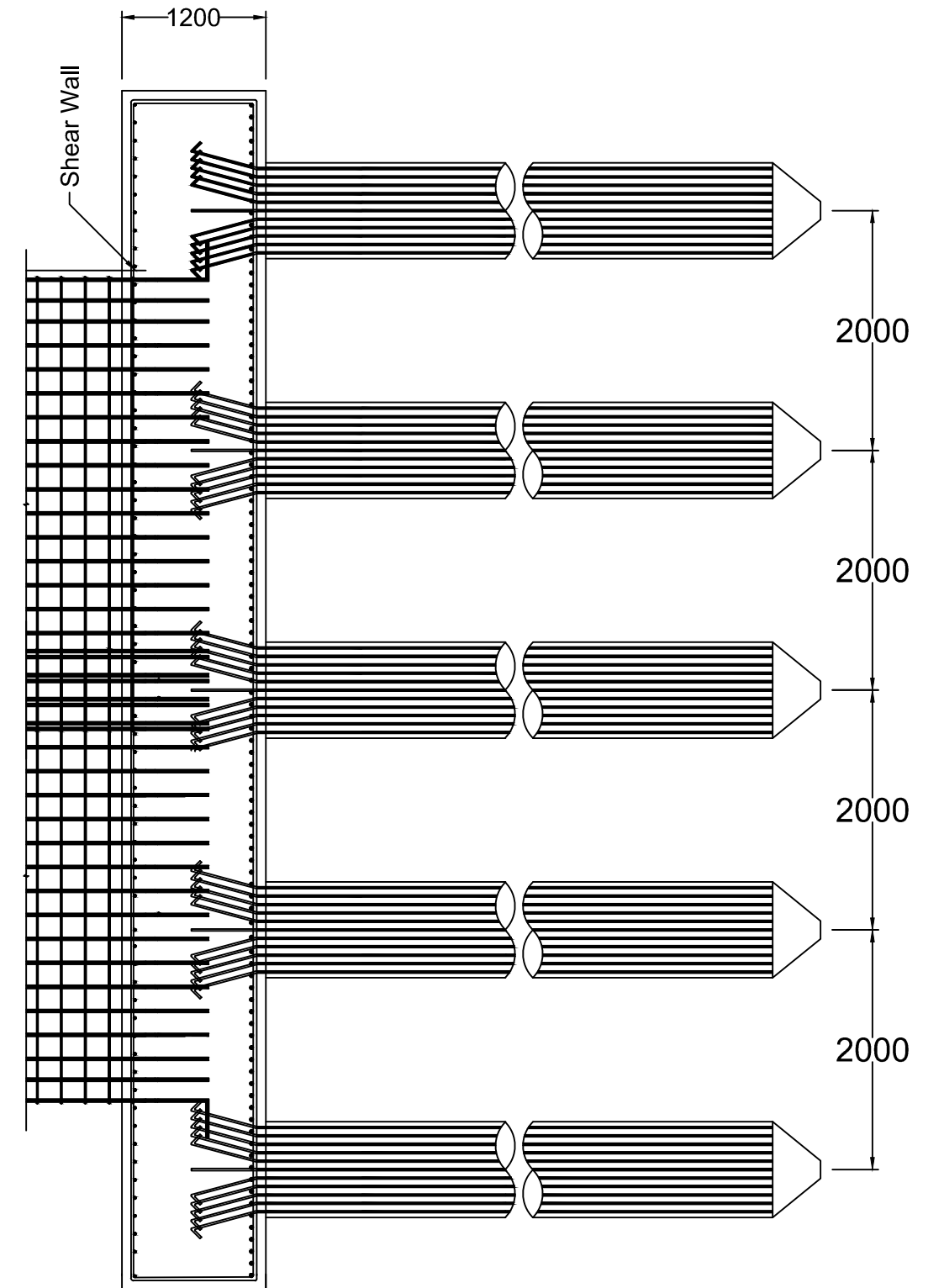
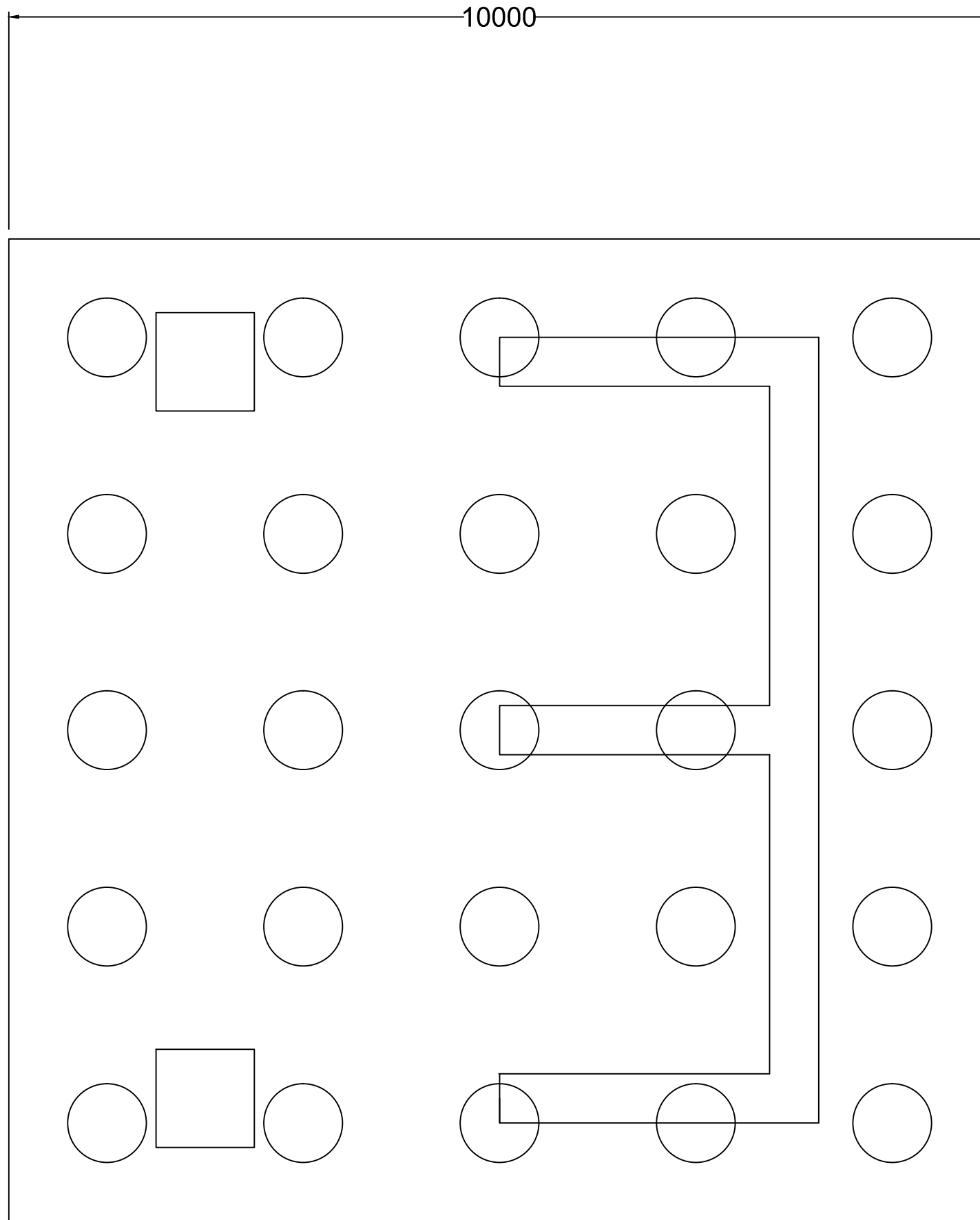
**KETERANGAN**

**SKALA**

1 : 50

**NO. GAMBAR**

32



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
 0311154000041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PILE CAP TIPE 3

**KETERANGAN**

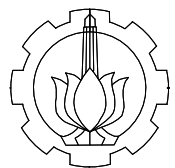
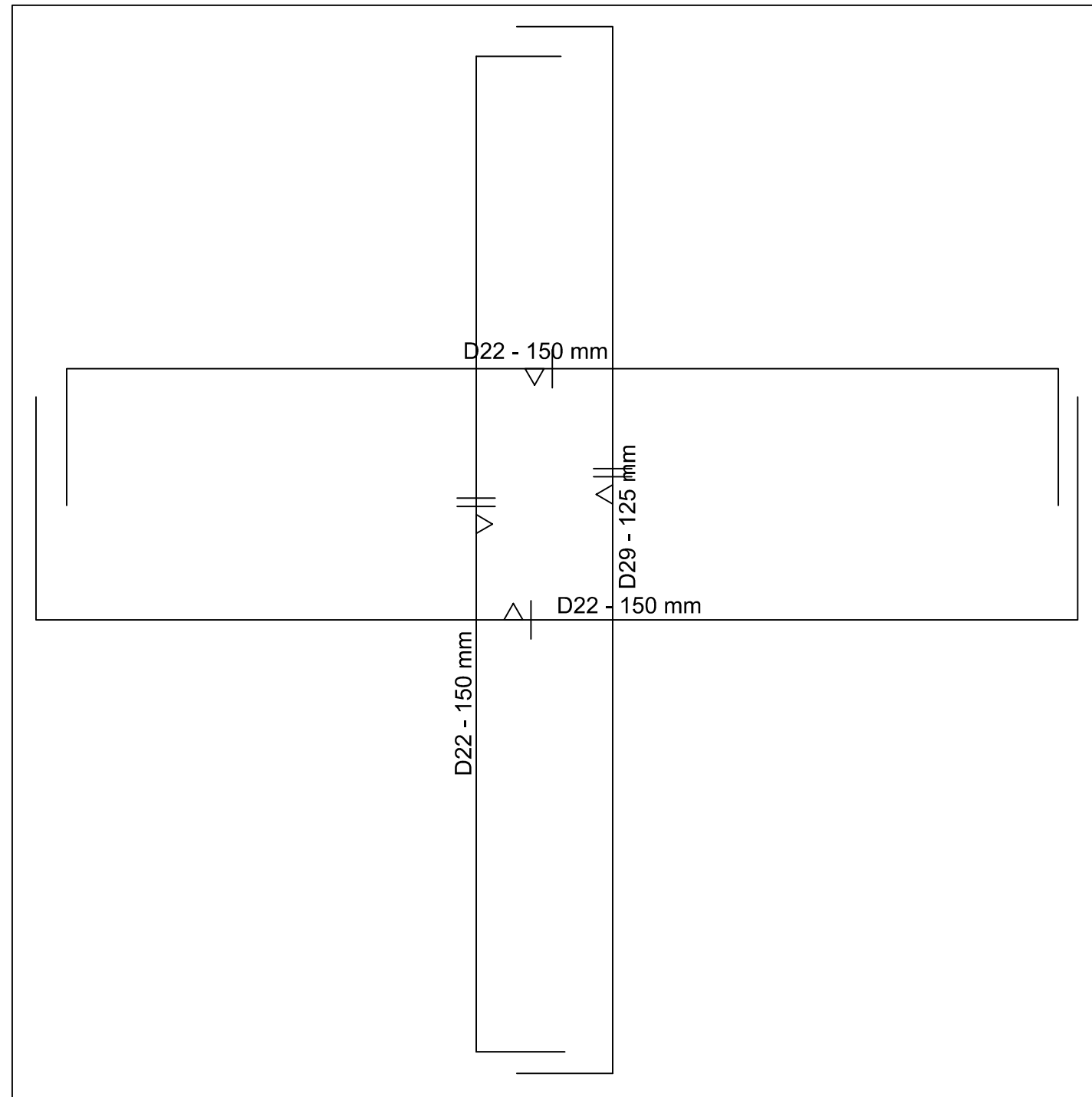
**SKALA**

1 : 75

**NO. GAMBAR**

33





**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

**TUGAS AKHIR**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**NAMA MAHASISWA**

Free Apiantoro  
 031115400041

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PILE CAP TIPE 3

**KETERANGAN**

**SKALA**

1 : 75

**NO. GAMBAR**

34

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dengan nama lengkap Free Apiantoro dilahirkan di Tangerang, Banten pada tanggal 29 Juni 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Krajan 02, Caruban, SMPN 01 Mejayan, Caruban dan SMAN 1 Mejayan, Caruban. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 melalui program SNMPTN 2015 dan terdaftar dengan nomor pokok (NRP) mahasiswa 03111540000041. Gelar sarjana teknik diperoleh penulis pada tahun 2019 dengan judul Tugas Akhir “Perencanaan Ulang Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon dengan Metode Beton Pracetak”.

Email: [freeapiantoro@gmail.com](mailto:freeapiantoro@gmail.com)



