



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK**

SAHRUL GUNAWAN
NRP. 0311154000036

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

Dosen Pembimbing II
Harun Al Rasyid ST., MT.

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



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK**

SAHRUL GUNAWAN
NRP. 0311154000036

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

Dosen Pembimbing II
Harun Al Rasyid ST., MT.

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT (RC18-4803)

**DESIGN MODIFICATION STRUCTURE OF SOCIAL
SECURITY (SS) TOWER USING PRECAST
CONCRETE METHOD**

SAHRUL GUNAWAN
NRP. 0311154000036

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

Supervisor II
Harun Al Rasyid ST., MT.

DEPARTEMEN OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

SAHRUL GUNAWAN
NRP. 0311154000036

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D. (.....)
2. Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D. (.....)



SURABAYA
JULI, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

Nama Mahasiswa : Sahrul Gunawan
NRP : 0311154000036
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
Harun Al Rasyid, ST, MT, Ph.D.

Abstrak

Perencanaan Gedung Social Security (SS) Tower pada kondisi existing dirancang dengan menggunakan metode cor di tempat dengan ketinggian mencapai 28 lantai. Dalam tugas akhir ini, gedung tersebut akan dilakukan perancangan dengan menggunakan metode beton pracetak dan memiliki sistem ganda (dual system) dengan kategori desain seismik D. Rangka utama didesain sebagai sistem rangka pemikul momen menengah dan dinding struktur beton khusus. Gedung ini direncanakan dengan ketinggian mencapai 15 lantai. Perencanaan dengan elemen beton pracetak diaplikasikan pada balok dan pelat saja. Metode konvensional juga diterapkan pada elemen kolom, dinding geser, dan sambungan. Sambungan direncanakan menggunakan sambungan basah dengan cor di tempat dan injeksi grouting pada NMB coupler sleeve.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa rangka utama gedung mampu menahan beban lateral X dan Y yang masing-masing bernilai sebesar 35,10% dan 27,91%, sehingga persyaratan untuk sistem ganda terpenuhi. Perencanaan elemen pracetak didasarkan pada tiga kondisi, yaitu sebelum komposit, saat pengangkatan, dan setelah komposit. Pada elemen plat digunakan tebal plat sebesar 18 cm. Dimensi balok anak terbesar adalah 40 x 55 cm dan dimensi untuk balok induk terbesar adalah 55 x 80 cm. Untuk dimensi kolom terbesar adalah 85 x 85 cm, dan dinding geser dengan ketebalan 40 cm.

Dalam perencanaan tugas akhir ini penulis menggunakan aturan berdasarkan SNI 2847:2013, SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, PCI Design Handbook, dan juga referensi aturan lainnya. Selanjutnya perencanaan tersebut dituangkan dalam bentuk gambar perencanaan sesuai dengan aturan atau standarisasi yang berlaku.

Kata kunci : Beton Pracetak, Sistem Ganda (Dual System), NMB splice sleeve, Social Security Tower

DESIGN MODIFICATION STRUCTURE OF SOCIAL SECURITY (SS) TOWER USING PRECAST CONCRETE METHOD

Name : Sahrul Gunawan
NRP : 0311154000036
Major Department : Civil Engineering FTSLK-ITS
Supervisor : Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D.
Harun Al Rasyid, ST, MT, Ph.D.

Abstract

Planning for the Social Security (SS) Tower Building on the existing condition was designed using the cast method in a place with a height of up to 28 floors. In this final project, the building will be designed using a precast concrete method and has a dual system with a seismic design category D. The main frame is designed as a medium moment bearing frame system and a special concrete structure wall. This building is planned with a height of up to 15 floors. Planning with precast concrete elements is applied only to beams and plates. The conventional method is also applied to column elements, shear walls and joints. The connection is planned to use a wet connection with cast in place and injection grouting on the coupler sleeve.

From the results of the analysis carried out, it can be concluded that the main frame of the building is able to withstand lateral X and Y loads which are worth 35.10% and 27.91% respectively, so the requirements for multiple systems are fulfilled. Preprinted element planning is based on three conditions, namely before the composite, when lifting, and after the composite. Plate thickness of 18 cm is used on the plate element. The dimensions of the largest joist are 40 x 55 cm and the dimensions for the largest beam are 55 x 80 cm. The largest column dimensions are 85 x 85 cm, and the shear wall is 40 cm thick.

In planning this thesis the author uses rules based on SNI 2847: 2013, SNI 1726: 2012, SNI 1727: 2013, PCI Design

Handbook, and also other rule references. Furthermore, the planning is outlined in the form of planning drawings in accordance with the applicable rules or standard.

Keywords : Precast Concrete, Dual System, NMB splice sleeve, Social Security Tower

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini membahas “Desain Modifikasi Gedung Social Security (SS) Tower dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak”.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu atas terselesainya Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Semua anggota keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan dan semangat selama menjalani perkuliahan di ITS.
2. Bapak Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D. dan bapak Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ervina Ahyudanari, PhD. selaku dosen wali yang telah memberikan banyak arahan dan motivasi selama menjalani perkuliahan di ITS.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS.
5. Keluarga KDR, S-58, dan rekan-rekan yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih sangat jauh dari kesempurnaan. Jadi dengan rasa hormat penulis mohon petunjuk, kritik, dan saran terhadap Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis, dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Juli 2019

(Penulis)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak.....	vii
Abstract.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.2.1 Masalah Utama.....	3
1.2.2 Detail Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Utama.....	4
1.3.2 Detail Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Sistem Struktur Gedung.....	7
2.3 Konstruksi Tahan Gempa.....	8
2.4 Sistem Pracetak untuk Gedung.....	8
2.4.1 Pelat.....	8
2.5 Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>).....	11
2.6 Sambungan Beton Pracetak.....	12
2.6.1 Jenis Sambungan.....	12
2.6.2 Tipe Sambungan.....	15
2.7 Titik-Titik Angkat dan Sokongan.....	17
2.7.1 Pengangkatan Pelat Pracetak.....	17
2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak.....	18
2.8 Fase Penanganan Beton Pracetak.....	19
2.9 Struktur Basement.....	20
2.10 Metode Konstruksi Sistem Pracetak.....	21
BAB III METODOLOGI.....	25

3.1	Umum.....	25
3.2	Bagan Alir Perencanaan.....	25
3.3	Studi Literatur.....	27
3.4	Pengumpulan Data.....	27
3.5	Penentuan Kriteria Desain	29
3.6	<i>Preliminary Design</i>	29
3.6.1	Perencanaan Dimensi Balok Induk	29
3.6.2	Perencanaan Dimensi Pelat	30
3.6.3	Perencanaan Dimensi Kolom	31
3.7	Pembebanan.....	31
3.8	Permodelan dan Analisa Struktur	35
3.8.1	Perhitungan Gaya Dalam	36
3.8.2	Kontrol persyaratan.....	36
3.9	Perencanaan Struktur Sekunder	37
3.9.1	Perhitungan Balok Anak	37
3.9.2	Perencanaan Tangga	37
3.9.3	Perencanaan Lift	37
3.10	Perencanaan Penulangan Struktur.....	38
3.10.1	Perencanaan Tulangan Balok	38
3.10.2	Perencanaan Tulangan Kolom.....	40
3.10.3	Perencanaan Tulangan Pelat.....	41
3.11	Perencanaan Sambungan	43
3.11.1	Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom	43
3.11.2	Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak	44
3.11.3	Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak	45
3.11.4	Detail Penulangan Sambungan.....	46
3.12	Perencanaan <i>Basement</i>	48
3.13	Perencanaan Pondasi	49
3.13.1	Daya Dukung Tiang Vertikal	49
3.13.2	Daya Dukung Tiang Horizontal	50
3.13.3	Kebutuhan Tiang Pancang	50
3.13.4	Perencanaan Terhadap Geser	51
3.14	Metode Pelaksanaan	52
3.15	Gambar Teknis Hasil Perhitungan	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		53

4.1	<i>Preliminary Design</i>	53
4.1.1	Umum	53
4.1.2	Data Perencanaan	53
4.1.3	Pembebanan	54
4.1.4	Perencanaan Balok Induk.....	54
4.1.5	Perencanaan Balok Anak	56
4.1.6	Perencanaan Pelat	58
4.1.7	Perencanaan Kolom	63
4.1.8	Perencanaan Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	71
4.2	Pembebanan dan Analisa Struktur	71
4.2.1	Umum	71
4.2.2	Permodelan Struktur	71
4.2.3	Kombinasi Pembebanan.....	72
4.2.4	Pembebanan Gravitasi.....	73
4.2.5	Pembebanan Gempa Dinamis	73
4.2.6	Kontrol Desain.....	77
4.3	Struktur Sekunder	94
4.3.1	Umum	94
4.3.2	Perencanaan Tangga	95
4.3.3	Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap	103
4.3.4	Perencanaan Balok Anak Pracetak	124
4.3.5	Perencanaan Lift	141
4.4	Struktur Primer	147
4.4.1	Umum	147
4.4.2	Perencanaan Balok Induk Pracetak	147
4.3.7	Perencanaan Kolom	170
4.3.8	Perencanaan Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	177
4.3.9	Perencanaan Balok Kopel	181
4.5	Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak.....	186
4.5.1	Umum	186
4.5.2	Konsep Desain Sambungan.....	187
4.5.3	Penggunaan Topping Beton	190
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok Induk – Kolom ..	191
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok Induk - Balok Anak	199

4.5.5	Perencanaan Sambungan Pelat – Balok.....	200
4.6	Perencanaan Basement	202
4.6.1	Perencanaan Dinding Penahan Tanah Basement..	202
4.6.2	Perencanaan Pelat Dasar Lantai Basement.....	210
4.7	Perencanaan Pondasi	218
4.7.1	Umum	218
4.7.2	Beban Struktur	218
4.7.3	Spesifikasi Tiang Pancang	219
4.7.4	Data Tanah	220
4.7.5	Daya Dukung Pondasi.....	220
4.7.6	Perencanaan Poer pada Kolom.....	232
4.7.7	Perencanaan Sloof.....	238
4.8	Metode Pelaksanaan	241
4.8.1.	Umum	241
4.8.2.	Fabrikasi Beton Pracetak.....	241
4.8.3.	Pengangkatan dan Penempatan Crane	242
4.8.4.	Transportasi Elemen Beton Pracetak.....	242
4.8.5.	Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak.....	243
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		251
5.1	Kesimpulan.....	251
5.2	Saran.....	253
DAFTAR PUSTAKA.....		255
LAMPIRAN.....		258

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pelat Pracetak Berlubang (Hollow Core Slab)	9
Gambar 2. 2 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (Solid Slab)	10
Gambar 2. 3 Pelat Pracetak (a) Single Tee dan (b) Double Tees	10
Gambar 2. 4 Balok Berpenampang Persegi (Rectangular Beam)	10
Gambar 2. 5 Balok Berpenampang L (L-Shaped Beam)	11
Gambar 2. 6 Balok T Terbalik (Inverted Tee Beam)	11
Gambar 2. 7 Sambungan Basah Struktur Pracetak	14
Gambar 2. 8 Sambungan dengan Las pada Struktur Pracetak ...	15
Gambar 2. 9 Sambungan dengan Baut pada Struktur Pracetak...	15
Gambar 2. 10 Sambungan Balok Pracetak dan Pelat Pracetak ...	16
Gambar 2. 11 Sambungan antar Balok	16
Gambar 2. 12 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat) .	17
Gambar 2. 13 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat) .	18
Gambar 2. 14 Pengangkatan Balok Pracetak	19
Gambar 2. 15 Titik Angkat untuk Produk Balok Pracetak.....	19
Gambar 2. 16 Metode Bottom Up	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	27
Gambar 3. 2 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di Hubungan Balok Kolom	41
Gambar 3. 3 Geometrik Konsol Pendek	43
Gambar 3. 4 Hubungan Balok dan Kolom	44
Gambar 3. 5 Sambungan Antara Balok dengan Pelat	45
Gambar 3. 6 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	46
Gambar 3. 7 Detail Kaitan untuk Penyaluran Kait Standar.....	47
Gambar 3. 8 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang.....	51
Gambar 4. 1 Denah Balok Induk	55
Gambar 4. 2 Denah Balok Anak.....	57
Gambar 4. 3 Denah Pelat Atap	59
Gambar 4. 4 Kolom yang Ditinjau sebagai Desain Awal (K1)...	64
Gambar 4. 5 Permodelan pada ETABS	72
Gambar 4. 6 Grafik Spektrum Respons Desain	77
Gambar 4. 7 Perencanaan Tangga Tampak Atas	96
Gambar 4. 8 Pemodelan Tangga pada SAP2000	97

Gambar 4. 9 Output Gaya Dalam Perencanaan Tangga.....	98
Gambar 4. 10 Denah Pelat Tipe A.....	107
Gambar 4. 11 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	111
Gambar 4. 12 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	116
Gambar 4. 13 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL	118
Gambar 4. 14 JENKA Lifter	119
Gambar 4. 15 Defleksi pada Pelat	120
Gambar 4. 16 Distribusi Beban pada Balok Anak	125
Gambar 4. 17 Pengangkatan Balok	132
Gambar 4. 18 Momen Saat Pengangkatan Balok Anak.....	137
Gambar 4. 19 Ditribusi Beban pada Balok Induk	148
Gambar 4. 20 Output SPColumn Kolom 85x85 cm arah X.....	171
Gambar 4. 21 Output SPColumn Kolom 85x85 cm arah Y	172
Gambar 4. 22 Output SPColumn (setelah Mpr) Kolom 85x85 cm Arah X.....	173
Gambar 4. 23 Output SPColumn (setelah Mpr) Kolom 85x85 cm Arah Y.....	174
Gambar 4. 24 Diagram Interaksi Shearwall arah X.....	181
Gambar 4. 25 Mekanisme Pemindahan Beban	188
Gambar 4. 26 Model Keruntuhan	189
Gambar 4. 27 Geometrik Konsol Pendek	192
Gambar 4. 28 Denah Perencanaan Dinding Penahan Tanah.....	202
Gambar 4. 29 Detail Perencanaan Dinding Penahan Tanah.....	203
Gambar 4. 30 Penentuan Titik dan Pembagian Lapisan Tanah.	204
Gambar 4. 31 Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp).....	206
Gambar 4. 32 Grafik Pijin Vs Kedalaman	224
Gambar 4. 33 Pondasi Tipe 1	226
Gambar 4. 34 Pondasi Tipe 2	227
Gambar 4. 35 Defleksi akibat Gaya Lateral Tiang	228
Gambar 4. 36 Grafik Immediate Settlement of Isolate Footing	229
Gambar 4. 37 Grafik <i>Influence Value for Laterally Loaded Pile</i>	230
Gambar 4. 38 Pembebanan Poer Tipe 1	235
Gambar 4. 39 Sloof yang Ditinjau	239
Gambar 4. 40 Diagram Interaksi Balok Sloof 30/40.....	240

Gambar 4. 41 Pekerjaan Pelat	243
Gambar 4. 42 Pengecoran Topping dengan Penyangga Scaffolding	244
Gambar 4. 43 Pemasangan Balok Induk Pracetak dan Kolom dengan Cor Setempat	245
Gambar 4. 44 Pemasangan Balok Anak Pracetak dengan Bantuan Perancah.....	246
Gambar 4. 45 Pemilihan Tipe <i>Coupler Sleeve NMB Splice Sleeve</i>	247
Gambar 4. 46 Lama Pengeringan Proses inject grouting dengan SS Mortar	248
Gambar 4. 47 Proses Injeksi Grouting Menggunakan NMB Coupler Sleeves dan SS Mortar Grout.....	249
Gambar 4. 48 Mekanisme Tulangan dalam Coupler NMB Splice Sleeve.....	249

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi Faktor Pengali untuk Total Beban dengan Sudut Sling.....	19
Tabel 3. 1 Beban Mati pada Struktur.....	32
Tabel 3. 2 Beban Hidup pada Struktur.....	33
Tabel 3. 3 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik.....	47
Tabel 3. 4 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Tarik.....	48
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk.....	56
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak.....	58
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap.....	63
Tabel 4. 4 Beban yang Diterima Kolom untuk Atap – Lantai 10/66	
Tabel 4. 5 Beban yang Diterima Kolom untuk Lantai 9-5.....	68
Tabel 4. 6 Beban yang Diterima Kolom untuk 4 – Lantai Basement.....	69
Tabel 4. 7 Faktor Keutamaan Gempa.....	74
Tabel 4. 8 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain.....	75
Tabel 4. 9 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respons Spektrum.....	76
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi.....	78
Tabel 4. 11 Hasil Pembebanan pada ETABS.....	79
Tabel 4. 12 Kontrol Pembebanan Gravitasi.....	80
Tabel 4. 13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_1 dan x	81
Tabel 4. 14 Periode Fundamental.....	82
Tabel 4. 15 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS.....	83
Tabel 4. 16 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS V_x dan V_y	84
Tabel 4. 17 Rasio Partisipasi Massa.....	85
Tabel 4. 18 Kontrol Sistem Ganda.....	86
Tabel 4. 19 Simpangan antar Lantai Ijin Δa	86
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Simpangan yang Terjadi Arah X.....	87
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Simpangan yang Terjadi Arah Y.....	88
Tabel 4. 22 Hasil Eksentrisitas Torsi Bawaan.....	89
Tabel 4. 23 Hasil Torsi Tak Terduga.....	90

Tabel 4. 24 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah X	91
Tabel 4. 25 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah Y	92
Tabel 4. 26 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah X	93
Tabel 4. 27 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah Y	94
Tabel 4. 28 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Section Cut	98
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Penulangan Tangga	103
Tabel 4. 30 Faktor Lendutan Jangka Panjang	121
Tabel 4. 31 Lendutan Izin Maksimum	122
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai	123
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak	140
Tabel 4. 34 Perhitungan Mpr BII	162
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk	169
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Penulangan Kolom	176
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Konsol Pendek	197
Tabel 4. 38 Parameter Tanah	203
Tabel 4. 39 Tegangan Vertikal (σ_v)	204
Tabel 4. 40 Tegangan Horizontal (σ_h)	206
Tabel 4. 41 Nilai Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)	207
Tabel 4. 42 Perhitungan Momen pada Kontrol Guling	207
Tabel 4. 43 Rekapitulasi Penulangan Akibat Beban Parkir	214
Tabel 4. 44 Rekapitulasi Penulangan Akibat Uplift Air	218
Tabel 4. 45 Beban akibat Kolom	219
Tabel 4. 46 Daya Dukung Tanah	223
Tabel 4. 47 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1	227
Tabel 4. 48 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 2	228
Tabel 4. 49 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral	231
Tabel 4. 50 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral	231
Tabel 5. 1 Dimensi Struktur Sekunder	251
Tabel 5. 2 Dimensi Struktur Primer	252

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kuningan merupakan salah satu kawasan bisnis di Jakarta, bagian dari Segitiga Emas Jakarta. Kawasan bisnis yang terkenal di Kuningan adalah Mega Kuningan dan Rasuna Epicentrum. Segitiga Emas Jakarta adalah salah satu distrik bisnis pusat yang paling cepat berkembang di Indonesia bahkan di kawasan Asia-Pasifik. Tercatat ekonomi Jakarta Triwulan III-2018 tumbuh 6,41% bila dibandingkan dengan triwulan III-2017 (BPS, 2018). Hal tersebut menunjukkan bahwa kegiatan perekonomian di Jakarta meningkat dengan didukung oleh aktivitas perekonomian seperti perdagangan dan konsumsi masyarakat. Tercatat bahwa komponen yang mendukung pertumbuhan ekonomi Jakarta pada triwulan-III 2018 pada sisi produksi yaitu Perdagangan Besar dan Eceran sebesar 17,39% sedangkan pada sisi pengeluaran yaitu Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga sebesar 57,7% (BPS, 2018). Kegiatan perekonomian tersebut tentu saja memerlukan ruangan/tempat sebagai fasilitas yang menunjang. Oleh karena itu keberadaan perkantoran di Jakarta sangatlah diperlukan.

Kebutuhan yang tinggi akan bangunan perkantoran tidak diimbangi dengan jumlah gedung perkantoran yang dibangun, maka pembangunan gedung perkantoran dengan waktu yang cepat sangatlah diperlukan. Salah satu metode untuk mempercepat waktu pembangunan gedung perkantoran adalah dengan menggunakan beton pracetak. Teknologi beton pracetak ini tampil sebagai salah satu solusi untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi menggantikan sistem konvensional (Syarif, Parung, Djamaluddin, & Bakri, 2016).

Pemilihan sistem beton pracetak adalah karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem struktur beton yang dicor di tempat, yaitu: (Nurjannah, 2011)

- a. Pelaksanaan pekerjaan di lapangan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan lebih mudah sehingga mengurangi masa konstruksi.

- b. Pelaksanaan lebih cepat sehingga dapat mengurangi biaya konstruksi.
- c. Pengontrolan mutu pekerjaan lebih baik karena pengerjaan komponen *frame* dilakukan sebelum pemasangan (instalasi) sebagai struktur bangunan, sehingga kualitas konstruksi lebih terjamin.
- d. Mengurangi bahan cetakan dari bahan kayu mendukung pelestarian lingkungan.
- e. Mengurangi penggunaan perancah.
- f. Mengurangi jumlah tenaga kerja di lapangan.
- g. Kondisi lapangan lebih bersih.

Sistem beton pracetak untuk struktur bangunan dikarakteristikan dengan kemudahan eksekusi, karena elemen beton pracetak diproduksi di luar area konstruksi (Lacerda, da Silva, Alva, & de Lima, 2018). Pada beton pracetak, komponen bangunan dapat difabrikasi terlebih dahulu lalu dipasang di lapangan. Jika dibandingkan dengan beton cor ditempat, beton pracetak memiliki keunggulan: lebih baik untuk kontrol kualitas, penyediaan agregat berkualitas baik, kekuatan jauh lebih baik karena *batching* dan kontrol kualitas yang lebih baik dengan penggunaan tenaga kerja khusus dibawah kondisi pabrik (Choi, Choi, & Choi, 2013).

Permasalahan utama pada beton pracetak adalah proses penyatuan elemen-elemen beton pracetak menjadi satu kesatuan struktur bangunan yang utuh. Perilaku struktural beton pracetak pada dasarnya dikuasai oleh sambungan antara berbagai elemen monolitik. Karena itu, desain sambungan yang sesuai adalah kunci utama untuk prefabrikasi yang sukses (Tullini & Minghini, 2016). Pada prinsipnya, suatu sambungan sistem pracetak harus diidentifikasi kekuatan dan daktilitasnya, sehingga diharapkan kegagalan suatu struktur tidak terjadi pada sambungan dan memenuhi kriteria perencanaan struktur tahan gempa (Syarif et al., 2016).

Gedung Perkantoran Social Security (SS) Tower merupakan gedung yang difungsikan sebagai perkantoran sewa

yang terletak di kawasan bisnis utama di daerah Kuningan, Jakarta Selatan. Gedung SS Tower ini terdiri dari 3 lantai basement dan 28 lantai yang akan difungsikan untuk perkantoran sewa. Gedung ini dibangun dengan beton bertulang menggunakan metode cor ditempat sehingga memerlukan waktu pengerjaan yang relative lama. Dalam pengerjaannya pun, seringkali kurang memerhatikan ketelitian sehingga pengerjaan tidak rapih dan kurang presisi. Karena dengan beberapa keunggulan beton pracetak seperti menghemat waktu dan menghemat biaya pengerjaan konstruksi dengan hasil pengerjaan yang lebih rapih dan lebih presisi, maka penulis akan memodifikasi gedung Social Security (SS) Tower dengan metode beton pracetak pada komponen balok dan pelat lantai struktur gedung. Selain itu, pada proses penyambungannya menggunakan metode cor setempat berupa *overtopping* dan ada juga yang menggunakan produk dari *NMB Splice Sleeve* berupa *coupler* yang ditanam di elemen pracetak dan kemudian dilakukan *inject grouting* pada *coupler* tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Masalah Utama

Bagaimana mendesain modifikasi gedung Social Security (SS) Tower dengan menggunakan metode dari beton cor ditempat menjadi metode beton pracetak?

1.2.2 Detail Masalah

Detail masalah yang akan ditinjau pada desain modifikasi gedung perkantoran Social Security (SS) Tower ini adalah:

1. Bagaimana merencanakan *preliminary design* (tipe dan dimensi), struktur primer dan struktur sekunder?
2. Bagaimana merencanakan gedung Social Security Tower yang mampu menahan beban gravitasi dan beban lateral?
3. Bagaimana melakukan analisa struktur gedung Social Security Tower dengan menggunakan program bantu ETABS?
4. Bagaimana merencanakan desain dan detail sambungan komponen-komponen beton pracetak?

5. Bagaimana merencanakan struktur *basement* dan pondasi yang dapat menopang gedung?
6. Bagaimana membuat gambar teknik (*shop drawing*) dari hasil perhitungan perencanaan struktur beton pracetak?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Utama

Tujuan utama desain modifikasi gedung Social Security (SS) Tower adalah mampu mendesain dari metode cor ditempat menjadi beton pracetak dan menetapkan metode beton pracetak dalam pembangunan komponen struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.3.2 Detail Tujuan

Detail tujuan dari desain modifikasi gedung perkantoran Social Security (SS) Tower ini adalah:

1. Merencanakan *preliminary design* (tipe dan dimensi) struktur primer dan struktur sekunder dari elemen beton pracetak.
2. Merencanakan gedung Social Security Tower yang mampu menahan beban gravitasi dan beban lateral.
3. Mendapatkan hasil analisa struktur gedung Social Security Tower dengan menggunakan program bantu ETABS.
4. Merencanakan desain dan detail sambungan komponen-komponen beton pracetak.
5. Merencanakan struktur *basement* dan pondasi yang dapat menopang gedung.
6. Membuat gambar teknik (*shop drawing*) dari hasil perhitungan perencanaan struktur beton pracetak.

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam desain gedung perkantoran Social Security (SS) Tower ini adalah:

1. Jenis beton pracetak yang digunakan pada perencanaan ini adalah tipe beton pracetak biasa tidak menggunakan beton pratekan.
2. Tidak memperhitungkan unsur arsitektur dan utilitas.
3. Tidak menghitung anggaran biaya, hanya memperhitungkan kinerja struktur.

1.5 Manfaat

Manfaat dari desain gedung perkantoran Social Security (SS) Tower ini adalah:

1. Memberikan hasil perancangan dari Gedung SS Tower dengan menggunakan metode beton pracetak.
2. Agar dapat menjadi acuan studi bagi para pembaca tentang pembangunan gedung dengan metode beton pracetak.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan membahas dasar teori yang menyangkut desain modifikasi gedung Social Security (SS) Tower dengan menggunakan metode beton pracetak.

2.2 Sistem Struktur Gedung

Sistem struktur yang digunakan sebagai penahan beban gempa. Pada perencanaan gedung secara umum terdapat beberapa sistem struktur, diantaranya Sistem Dinding Struktural, Sistem Rangka Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen, dan Sistem Ganda. Berdasarkan survei di lapangan, pada Gedung Social Security (SS) Tower direncanakan Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus. Perencanaan tersebut disesuaikan dengan zona gempa yang terdapat pada lokasi.

Struktur sistem ganda adalah gabungan antara rangka pemikul momen dan dinding geser (*shear wall*). Sistem ganda merupakan sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (1726:2012 SNI, 2012). Dinding ini dapat bekerja secara struktural dalam menahan beban gempa. Pada struktur sistem ganda diharapkan keduanya dapat mengalami defleksi lateral yang sama. Dengan sistem ini, perancangan struktur juga dinilai lebih efisien dan ekonomis dikarenakan dimensi rangka utama dapat diperkecil oleh penggunaan *shear wall*. Jika pada sistem rangka pemikul momen semakin tinggi struktur gedung, semakin besar dimensi yang digunakan yang dapat menyebabkan kemampuan struktur lebih banyak menahan berat sendiri.

Pada sistem struktur ganda, semakin tinggi gedung, maka semakin tebal *shear wall* yang dibutuhkan. Pemasangan *shear wall* dapat mengurangi simpangan antar tingkat gedung, hal ini terjadi

karena besarnya kekakuan bangunan menjadi lebih besar dibandingkan bangunan gedung yang tidak menggunakan *shear wall*. Dengan adanya *shear wall*, dimensi rangka utama yaitu balok dan kolom dapat diperkecil.

2.3 Konstruksi Tahan Gempa

Sesuai Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2006), taraf keamanan minimum untuk bangunan gedung dan rumah tinggal yang masuk dalam kategori bangunan tahan gempa, yaitu memenuhi berikut ini:

- a. Bila terkena gempa bumi yang lemah, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali.
- b. Bila terkena gempa bumi sedang, bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non-struktural, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktur.
- c. Bila terkena gempa bumi yang sangat kuat, bangunan tersebut tidak boleh runtuh baik sebagian maupun seluruhnya, tidak boleh mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki, serta bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan, tetapi kerusakan yang terjadi harus dapat diperbaiki dengan cepat sehingga dapat berfungsi kembali.

2.4 Sistem Pracetak untuk Gedung

Pembuatan beton pracetak dilakukan di lokasi proyek ataupun di luar lokasi proyek seperti pabrik. Agar elemen beton pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, hendaknya perencanaan mengetahui macam-macam elemen struktur pracetak pada umumnya.

2.4.1 Pelat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pada pelat beton

pracetak, waktu pengangkutan atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit.

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

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

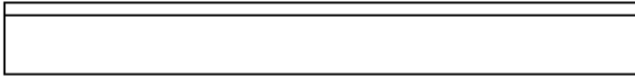
Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 6 inci hingga 12 inci. Ilustrasi pelat jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)
(Sumber: *PCI Design Handbook 6th Edition*)

2) Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Slabs*)

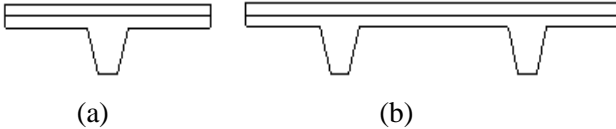
Adalah pelat pracetak dengan tebal pelat lebih tipis dibandingkan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang. Ilustrasi pelat jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Slab*)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

3) Pelat Pracetak *Double T* dan *Single T*es

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa satu atau dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung. Ilustrasi pelat jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Pelat Pracetak (a) *Single Tee* dan (b) *Double Tees*
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

2.4.2 Balok

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

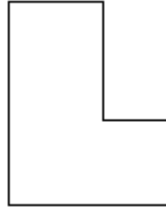
1. Balok dengan Penampang Persegi (*Rectangular Beam*) :

Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah balok tipe persegi ini. Ilustrasi balok jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



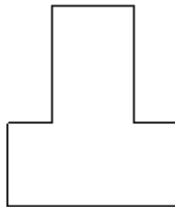
Gambar 2. 4 Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

2. Balok Berpenampang L (*L-Shaped Beam*).
Ilustrasi balok jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Balok Berpenampang L (*L-Shaped Beam*)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

3. Balok Berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*).
Ilustrasi balok jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Balok T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

2.5 Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser (*shear wall*) adalah elemen vertikal dari sistem penahan gaya horizontal yang kemudian gaya tersebut akan disalurkan sepanjang dinding (Eusuf, Rashid, Noor, & Al Hasan, 2012). Dinding geser mampu memindahkan gaya lateral dari dinding eksterior, lantai, dan atap ke pondasi tanah sejajar dengan bidangnya (Rajendran & Selvaraju, 2016). Dinding geser juga dirancang untuk menahan gaya lateral akibat angin dan gempa bumi. Perilaku dinding geser tergantung pada bahan yang digunakan, ketebalan dinding, panjang dinding, dan posisi dinding dalam struktur bangunan (Fathalizadeh, 2017). Kategori dinding

geser berdasarkan geometrinya, yaitu: (Iswandi, Yulian, Suheida, & Kristianto, 2008).

1. *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $hw/lw \geq 2$, di mana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $hw/lw \leq 2$, di mana desain dikontrol oleh perilaku geser.
3. *Coupled shear wall* (dinding berangkai), di mana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Dinding Geser memiliki macam, sebagai dinding geser tunggal serta dinding geser disusun membentuk core. Konsep perencanaan dinding geser mengacu kepada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (2847:2013 SNI, 2013) dan pada elemen dinding geser ini menggunakan beton bertulang biasa.

2.6 Sambungan Beton Pracetak

Hal terpenting dalam merencanakan struktur seperti balok, kolom, pelat lantai menggunakan sistem pracetak adalah pada bagian sambungan. Seperti halnya pada pertemuan balok dan kolom merupakan daerah terjadinya interaksi tegangan yang sangat tinggi. Karena adanya beban gempa daerah pertemuan ini merupakan daerah potensial untuk terjadinya keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser diagonal yang terjadi akibat gempa. Sehingga pertemuan balok kolom harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan SNI 2847:2013.

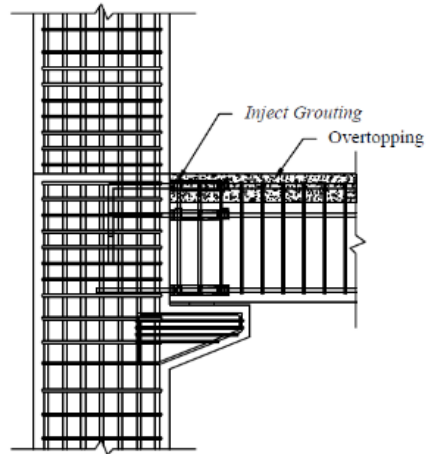
2.6.1 Jenis Sambungan

Sambungan komponen struktur beton pracetak dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu sambungan basah dan sambungan kering. Yang dimaksud dengan sambungan tipe kering

adalah sambungan pelat baja yang tertanam terlebih dahulu yang kemudian dihubungkan dengan pengelasan atau sambungan baut. Sedangkan untuk sambungan tipe basah adalah dimana sebagian besar beton cor ditempat (*cast in-site*) digunakan untuk menghubungkan antar elemen pracetak (Taheri, Hejazi, Vaghei, Jaafar, & Ali, 2016). Untuk *wet-joint (in-situ concrete joint)*, struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih tinggi bila dibandingkan dengan *dryjoint*, tetapi membutuhkan setting-time beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. . Dalam perencanaan ini penulis menggunakan jenis sambungan basah (*wet connection*) pada bagian balok dan pelat lantai.

a. Sambungan Basah

Sambungan basah terdiri dari *overlap* tulangan dari bagian ujung komponen beton pracetak (pasca cor) dimana antar tulangan dihubungkan dengan bantuan *mechanical joint, mechanical coupled, splice sleeve*, atau panjang penyaluran. Kemudian pada bagian sambungan tersebut dilakukan pengecoran beton di tempat (*in situ*). Penyambungan jenis ini memiliki fungsi yang lebih efisien untuk mengurangi penambahan tegangan yang terjadi akibat rangkai, susut dan perubahan temperatur. Sambungan jenis ini sangat dianjurkan untuk diaplikasikan pada bangunan di daerah rawan gempa karena menjadikan masing-masing komponen beton pracetak menjadi monolit. Untuk lebih jelasnya mengenai contoh sambungan basah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7.

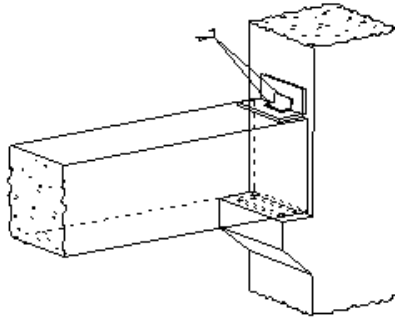


Gambar 2. 7 Sambungan Basah Struktur Precetak

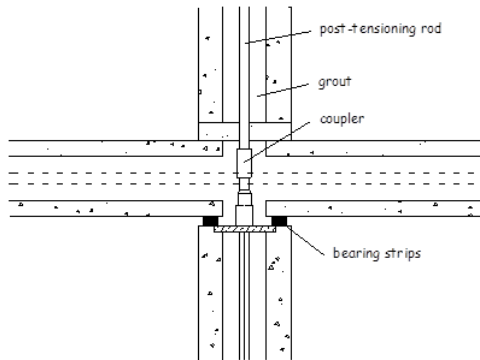
b. Sambungan Kering

Sambungan kering (*dry connection*) ini menggunakan bantuan plat besi yang digunakan sebagai penghubung antar komponen beton pracetak. Plat besi sambungkan ke beton pracetak dengan cara dilas atau di baut. Penggunaan metode sambungan ini perlu diperhatikan dalam analisa dan permodelan komputer karena antar elemen struktur bangunan dapat berperilaku tidak monolit.

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh *corbels* atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom. Detail mengenai sambungan kering tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.8 untuk sambungan menggunakan las dan Gambar 2.9 untuk sambungan menggunakan baut.



Gambar 2. 8 Sambungan dengan Las pada Struktur Pracetak

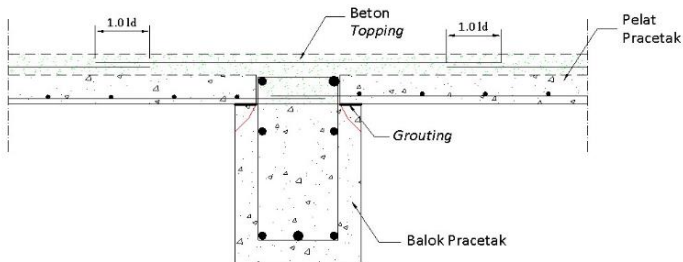


Gambar 2. 9 Sambungan dengan Baut pada Struktur Pracetak

2.6.2 Tipe Sambungan

2.6.2.1 Sambungan antar Balok Pracetak dan Pelat Pracetak

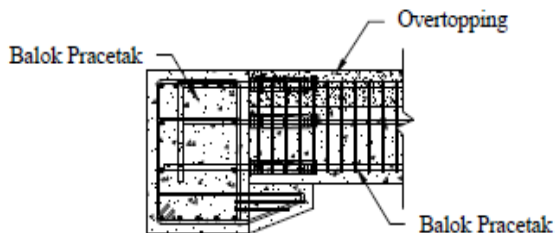
Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus mengetahui pasti mengenai gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak yang tersalurkan pada komponen balok. Sambungan antara balok pracetak dan pelat pracetak dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Sambungan Balok Pracetak dan Pelat Pracetak
(Sumber: Aji et al., 2013)

2.6.2.2 Sambungan antar Balok Pracetak dan Kolom

Pertemuan balok dan kolom merupakan daerah terjadinya interaksi tegangan yang sangat tinggi. Karena adanya beban gempa daerah pertemuan ini merupakan daerah potensial untuk terjadinya keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser diagonal yang terjadi akibat gempa. Untuk itu, 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. Pada proses penyambungan antara balok anak dan balok induk digunakan coupler untuk keperluan *inject grouting* yang didapat dari produk *NMB Splice Sleeve*. Sambungan dengan kekakuan yang relatif sama dengan beton cor di tempat dapat dilihat seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Sambungan antar Balok

2.7 Titik-Titik Angkat dan Sokongan

2.7.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pada perencanaan pelat perlu diperhatikan bahwa pelat nantinya akan mengalami pengangkatan menuju area pemasangan pelat atau area lantai tower yang direncanakan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat 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:

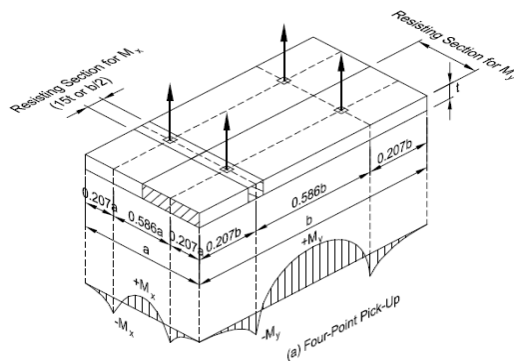
a. Empat Titik Angkat

Seperti terlihat pada Gambar 2.13, maksimum momen (pendekatan):

$$+M_x = -M_x = 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b \quad (2.1)$$

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

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



Gambar 2. 12 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

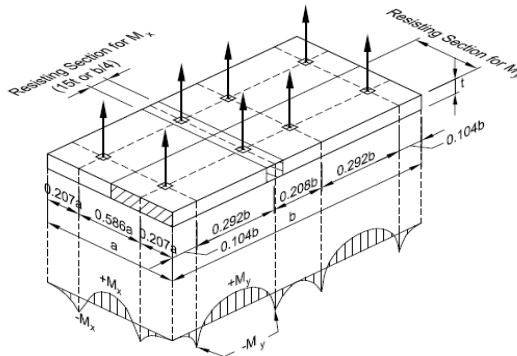
b. Delapan Titik Angkat

Seperti terlihat pada Gambar 2.14, maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_x = 0,0054 \cdot w \cdot a^2 \cdot b \quad (2.2)$$

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

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

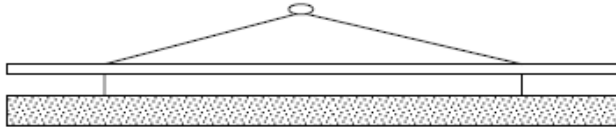


Gambar 2. 13 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

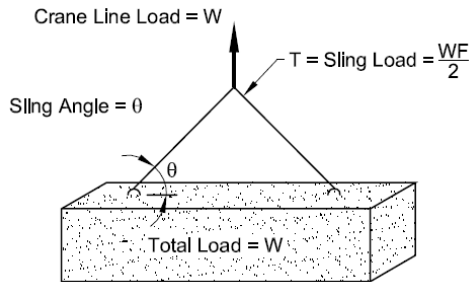
2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya (Gambar 2.14). Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri dari balok pracetak yang ditumpu oleh anker pengangkatan sehingga menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan anker pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak pada balok.



Gambar 2. 14 Pengangkatan Balok Pracetak

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada Gambar 2.15 serta angka pengali pada Tabel 2.1.



Gambar 2. 15 Titik Angkat untuk Produk Balok Pracetak
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

Tabel 2. 1 Korelasi Faktor Pengali untuk Total Beban dengan Sudut Sling

θ	90°	75°	60°	45°	30°
F	1	1.04	1.16	1.41	2

2.8 Fase Penanganan Beton Pracetak

Sebelum digunakan beton pracetak mengalami fase-fase perlakuan yang meliputi:

- a. Pengangkatan dari bekisting modul (*stripping*)
 1. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut

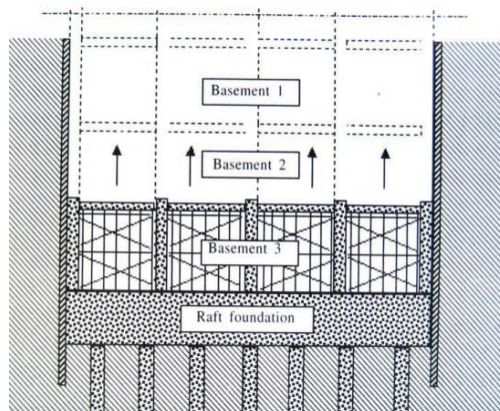
2. Lekatan permukaan beton dengan bekisting
 3. Jumlah dan lokasi peralatan angkat
 4. Berat produk pracetak dan beban-beban tambahan, seperti bekisting yang terbawa saat produk diangkat
- b. Penempatan ke lokasi penyimpanan (*yard handling and storage*)
1. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
 2. Lokasi titik-titik angkat sementara
 3. Lokasi sokongan sehubungan dengan produk-produk lain yang juga disimpan
 4. Perlindungan dari sinar matahari langsung
- c. Transportasi ke lokasi (*transportation to the job site*)
1. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
 2. Lokasi sokongan vertikal maupun horizontal
 3. Kondisi kendaraan pengangkut, jalan, dan batas-batas berat muatan dari jalan yang akan dilalui
 4. Pertimbangan dinamis saat transportasi
- d. Pemasangan (*erection*)
1. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
 2. Lokasi dan jumlah titik-titik angkat
 3. Lokasi dan jumlah titik-titik sokongan
 4. Beban sementara, seperti pekerja, peralatan selama pekerjaan, dan berat beton *overtopping*.

2.9 Struktur Basement

Basement adalah sebuah tingkat atau beberapa tingkat dari bangunan yang keseluruhan atau sebagian terletak di bawah tanah. *Basement* adalah ruang bawah tanah yang merupakan bagian dari bangunan gedung. Dalam pelaksanaan konstruksi *basement*, ada tiga hal penting yang perlu diperhatikan, yakni metode konstruksi, *retaining wall* dan *dewatering*. Karena lantai *basement* berada di dalam tanah, maka seluruh dinding luar digunakan pelat beton

sebagai penahan tanah. Dinding basement mengalami tekanan horizontal yang diakibatkan oleh tanah dan tekanan akibat air di belakang dinding *basement*.

Metode konstruksi galian yang dilaksanakan pada proyek pembangunan basement gedung Social Security Tower menggunakan sistem Bottom Up (Gambar 2.19). Pada sistem ini struktur basement dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan galian selesai mencapai elevasi rencana. Pelat basement paling bawah dicor terlebih dahulu, kemudian basement diselesaikan dari bawah ke atas, dengan menggunakan scaffolding. Kolom, balok, dan pelat di cor setempat (*cast in situ*). Pada sistem ini, galian tanah dapat berupa open cut atau dengan sistem dinding penahan tanah yang bisa sementara dan permanen.



Gambar 2. 16 Metode Bottom Up

(Sumber: <http://dodybrahmantyo.dosen.narotama.ac.id/>)

2.10 Metode Konstruksi Sistem Pracetak

Dalam pelaksanaan suatu konstruksi yang menggunakan beton pracetak, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Serangkaian kegiatan yang dilakukan pada proses produksi adalah :
 1. Pembuatan rangka tulangan
 2. Pembuatan cetakan

3. Pembuatan campuran beton
 4. Pengecoran beton
 5. Perawatan (*curing*)
 6. Penyempurnaan akhir dan penyimpanan
- **Transportasi dan Alat Angkut**
 Transportasi adalah pengangkatan elemen pracetak dari pabrik ke lokasi pemasangan. Sistem transportasi berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi dan biaya transport. Yang perlu diperhatikan dalam sistem transportasi adalah:
 1. Spesifikasi alat transportasi
 2. Rute transportasi
 3. Perijinan transportasi
 Alat angkat yaitu memindahkan elemen dari tempat penumpukan ke posisi penyambungan (perakitan). Peralatan angkat untuk memasang beton pracetak dapat dikategorikan sebagai berikut:
 1. *Mobile Crane*
 2. *Telescopic Crane*
 3. *Tower Crane*
 4. *Portal Crane*
 - **Pelaksanaan Konstruksi (Ereksi)**
 Metode dan jenis pelaksanaan konstruksi precast diantaranya adalah :
 1. Dirakit per elemen
 2. *Lift - Slab System*
Lift - Slab System adalah pengikatan elemen lantai ke kolom dengan menggunakan dongkrak hidrolis. Prinsip konstruksinya sebagai berikut :
 - Lantai menggunakan plat-plat beton bertulang yang dicor pada lantai bawah
 - Kolom merupakan penyalur beban vertical dapat sebagai elemen pracetak atau cor di tempat.

- Setelah lantai cukup kuat dapat diangkat satu persatu dengan dongkrak hidrolis.
- 3. *Slip - Form System*
Pada system ini beton dituangkan diatas cetakan baja yang dapat bergerak memanjat ke atas mengikuti penambahan ketinggian dinding yang bersangkutan.
- 4. *Push - Up / jack - Block System*
Pada system ini lantai teratas atap di cor terlebih dulu kemudian diangkat ke atas dengan hidranlic – jack yang dipasang di bawah elemen pendukung vertical.
- 5. *Box System*
Konstruksi menggunakan dimensional berupa modul-modul kubus beton.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

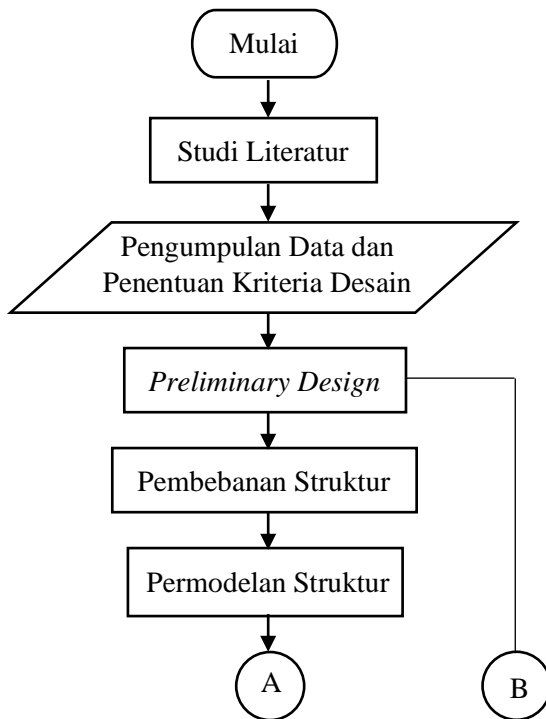
BAB III METODOLOGI

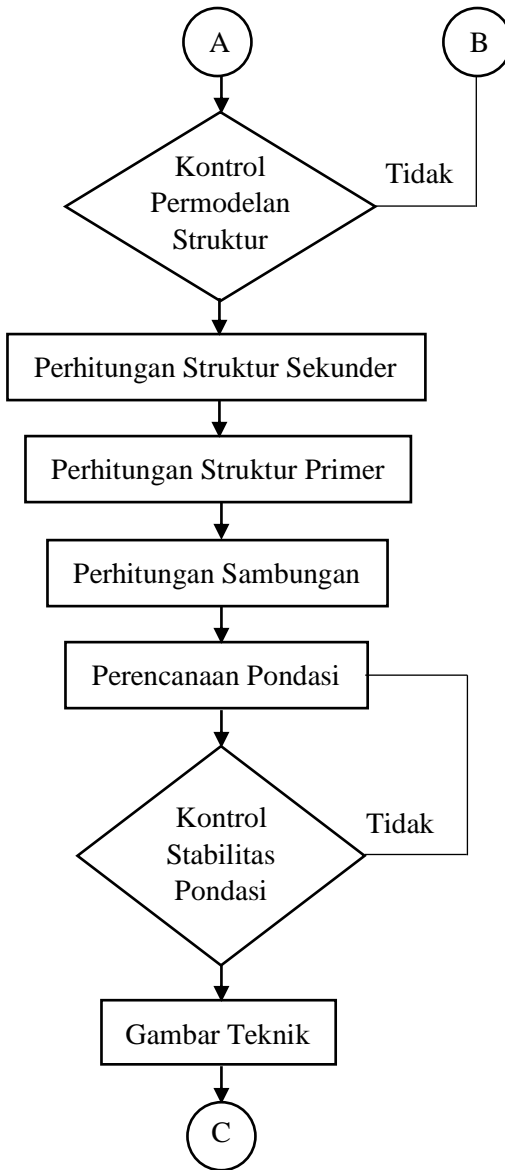
3.1 Umum

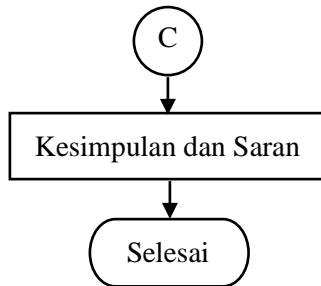
Perencanaan Gedung perkantoran Social Security (SS) Tower menggunakan metode beton pracetak tentunya harus memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan pekerjaan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data sampai gambar teknik pada akhirnya.

3.2 Bagan Alir Perencanaan

Berikut adalah tahapan-tahapan yang akan dilakukan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini sesuai pada Gambar 3.1 sebagai berikut :







Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

3.3 Studi Literatur

Peraturan yang digunakan pada perencanaan gedung ini meliputi:

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (2847:2013 SNI, 2013)
2. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (1726:2012 SNI, 2012)
3. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (1727:2013 SNI, 2013)
4. Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG, 1987)
5. *PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete* edisi keenam (PCI, 2004)

3.4 Pengumpulan Data

Data yang didapat dari lapangan untuk perencanaan bangunan ini meliputi data tanah, bahan, dan data gedung. Adapun data gedung tersebut seperti siteplan, denah pembalokan, denah kolom, serta data-data lain yang diperlukan.

- Data Umum Eksisting Gedung

Nama Gedung	: Gedung Social Security (SS) Tower
Lokasi Gedung	: Jalan Rasuna Said, Kav. 112 Blok B, Setia Budi, Jakarta Selatan
Fungsi	: Gedung Perkantoran Sewa
Struktur bangunan	: Struktur Beton Bertulang
Jumlah Tower	: 1
Jumlah Lantai	: 28 lantai , 3 lantai <i>basement</i> , 7 lantai podium
Tinggi Bangunan	: +132 meter
Tinggi per Lantai	: 3,6 meter
Tinggi <i>Basement</i>	: 3,6 meter
Data Tanah	: Terlampir
Data Gambar Struktur	: Terlampir

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

- Data Umum Rencana Modifikasi Gedung

Nama Gedung	: Gedung Social Security (SS) Tower
Lokasi Gedung	: Jalan Rasuna Said, Kav. 112 Blok B, Setia Budi, Jakarta Selatan
Fungsi	: Gedung Perkantoran Sewa
Struktur bangunan	: Struktur Beton Bertulang
Elemen Pracetak	: Balok dan Pelat Lantai
Jumlah Tower	: 1
Jumlah Lantai	: 15 lantai, 1 lantai <i>basement</i>
Tinggi Bangunan	: +48 meter
Tinggi per Lantai	: 3 meter
Tinggi <i>Basement</i>	: 3 meter
Data Tanah	: Terlampir
Data Gambar Struktur	: Terlampir

3.5 Penentuan Kriteria Desain

Metode pracetak banyak 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 Menengah yang Dibangun Dengan Menggunakan Sistem Pracetak (SNI 2847:2013 pasal 21.3)
- Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9)

3.6 Preliminary Design

Preliminary design adalah desain awal atau estimasi jenis material, mutu material, serta dimensi material yang akan digunakan untuk membentuk struktur bangunan. Penentuan jenis, mutu, dan dimensi material ini mengacu pada *engineering judgement* yang dimiliki oleh seorang perencana. Dimensi material dalam gedung ini meliputi balok induk, balok anak, kolom, dan pelat. Nantinya, penentuan dimensi inilah yang akan digunakan untuk tahapan perencanaan selanjutnya.

3.6.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk

- Tinggi Balok

Dalam perencanaan balok, tinggi balok dapat ditentukan berdasarkan 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.

$h_{\min} = \frac{L}{16}$ digunakan apabila $f_y = 420$ Mpa

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

$h_{\min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003 w_c)$ digunakan untuk nilai w_c 1440 kg/m^3 sampai 1840 kg/m^3 (3.1)

Dengan:

b = Lebar balok

h = Tinggi balok
L = Panjang balok

3.6.2 Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam merencanakan pelat, terdapat spesifikasi tebal minimum dalam dimensi pelat. Tebal minimum tersebut dipengaruhi oleh jenis pelat tersebut, apakah pelat dua arah atau pelat satu arah.

- Pelat Dua Arah

Sesuai dengan SNI 2847:2013, ketentuan tersebut berlaku untuk desain sistem slab yang ditulangi untuk lentur. Tebal minimum slab yang didesain sesuai dengan ketentuan tersebut harus seperti yang disyaratkan oleh SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1. Untuk mendesain tebal pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya dapat menggunakan rumus berikut:

- Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2
 - Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
 - Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
- Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi persamaan

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \geq 125 \text{ mm} \quad (3.2)$$

(SNI 2847:2013, persamaan 9-12)

- Untuk $\alpha_{fm} > 2$ ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \quad (3.3)$$

(SNI 2847:2013, persamaan 9-13)

Dengan:

ℓ_n = panjang bentang bersih

f_y = tegangan leleh baja

β = rasio tulangan bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi Panel

- Pelat Satu Arah

Apabila jenis pelat yang digunakan adalah pelat satu arah, maka tebal minimum ditentukan berdasarkan rumus dari SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5(a) sebagai berikut:

$$h = \frac{\ell}{20} \quad (3.4)$$

(SNI 2847:2013, pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a))

Dengan:

h = tebal pelat

ℓ = panjang bentang

3.6.3 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 (ϕ) dapat ditentukan.

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'} \quad (3.5)$$

Dimana,

W = Beban aksial yang diterima kolom

f_c' = Kuat tekan beton karakteristik

A = Luas penampang kolom

3.7 Pembebanan

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

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 menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 (PPURG,1987) dan SNI 1727:2013 adalah sebagai berikut:

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh badan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013). Untuk lebih jelasnya mengenai besaran beban yang digunakan pada perencanaan kali ini yaitu seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Beban Mati pada Struktur

Beban Mati	Besar Beban
Batu Alam	2600 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Dinding pasangan bata merah (1/2 batu)	250 kg/m ²
Kaca setebal 12 mm	30 kg/m ²
Langit-langit + penggantung	18 kg/m ²
Lantai ubin semen <i>Portland</i>	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²
Aspal	14 kg/m ²
Ducting + Plumbing	30 kg/m ²

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang dapat 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, akan 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 berdasarkan Peraturan Pembebanan SNI 1727:2013 pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Beban Hidup pada Struktur

Beban hidup pada lantai gedung	Besar Beban
Lantai Perkantoran	240 kg/m ²
Atap datar	96 kg/m ²
Tangga Tetap (per titik tinggi 3m)	133 kg
Beban pekerja	100 kg/m ²

2. Beban gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012) di daerah Jakarta Selatan. Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh frame. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, di mana pengaruh pada struktur dibebankan langsung ke pusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada.

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi:

a. Penentuan Respons Spektrum

Penentuan grafik respons spektrum berdasarkan pada SNI 1726:2012 dengan menggunakan parameter-parameter percepatan yang dapat dihitung berdasarkan wilayah gempa dan struktur gedung yang dibangun. Dan kemudian parameter pada grafik respons spektrum tersebut akan dijadikan acuan untuk menghitung respon seismik.

b. Respon Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.6)$$

(Pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012)

Keterangan :

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

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan hunian

Dengan nilai C_s maksimal tidak lebih dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I}\right)} \quad (3.7)$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari:

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01 \quad (3.8)$$

c. Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_s \times W$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.9)$$

Di mana :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1

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

d. Beban Angin (*Wind Load/WL*)

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 :

- Untuk struktur rangka ruang dengan penampang melintang berbentuk bujur sangkar dengan arah angin

45° terhadap bidang-bidang rangka, koefisien angin untuk kedua bidang rangka di pihak angin masing-masing 0,65 (tekan) dan untuk kedua rangka di belakang angin masing-masing 0,5 (isap). Kecuali itu, masing-masing rangka harus diperhitungkan terhadap beban angin yang bekerja dengan arah tegak lurus pada salah satu bidang rangka, koefisien angin untuk rangka pertama di pihak angin adalah 1,6 (tekan) dan untuk rangka kedua di belakang angin adalah 1,2 (isap).

- Untuk atap segitiga majemuk, untuk bidang-bidang atap di pihak angin dengan $\alpha < 65^\circ$ koefisien (0,2 α – 0,4) (tekan), dan untuk semua bidang atap di belakang angin untuk semua α adalah 0,4 (isap).
 - Tekanan tiup (beban angin) di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m².
- e. Adapun kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \quad (3.10)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L$$

$$U = 1,0 D + 1,0 L$$

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

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E$$

Di mana: U = beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

W = beban angin

3.8 Permodelan dan Analisa Struktur

Permodelan struktur dimaksudkan untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Perilaku struktur tersebut diakibatkan pembebanan yang direncanakan, yaitu beban gravitasi dan gempa. Gaya dalam pada

kolom yang perlu diperhatikan antara lain aksial, momen arah x & y, torsi, dan geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen, geser, dan torsi.

Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu ETABS dengan langkah-langkah permodelan sebagai berikut : menggambar bentuk model struktur, mendesain penampang dan material, memasukkan beban gravitasi dan beban gempa, perletakan diasumsikan sebagai jepit-jepit, kemudian dilakukan *running*, setelah itu dilakukan pengecekan struktur terhadap persyaratan yang ada pada peraturan yang digunakan..

3.8.1 Perhitungan Gaya Dalam

Analisa struktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang selanjutnya digunakan untuk merancang elemen dan sambungan pada struktur. Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program ETABS. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain:

- a. Bentuk gedung.
- b. Dimensi elemen-elemen struktur dari *preliminary design*.
- c. Wilayah gempa.
- d. Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan.

3.8.2 Kontrol persyaratan

Hasil dari analisis struktur gedung dikontrol menggunakan SNI 1726:2012, meliputi persyaratan:

- a. Perbandingan berat struktur perhitungan manual dengan program bantu ETABS
- b. Periode waktu getar alami fundamental (T)
- c. Geser dasar seismik (V) dan Simpangan antar lantai (Δ)
- d. Jumlah ragam partisipasi massa
- e. Analisa eksentrisitas massa gedung

Hasil rancangan elemen dan sambungan struktur dikontrol kekuatannya terhadap gaya dalam akibat beban-beban yang ada sesuai standar yang berlaku.

3.9 Perencanaan Struktur Sekunder

3.9.1 Perhitungan Balok Anak

Beban-beban yang diterima oleh pelat selanjutnya akan didistribusikan ke balok anak. Beban tersebut dihitung sebagai beban ekuivalen trapesium, segitiga dan dua segitiga. Selanjutnya, dari hasil gaya dalam yang terjadi pada balok anak tersebut akan digunakan untuk perencanaan penulangan lentur dan geser. Untuk penentuan dimensi balok anak perhitungan sama dengan perhitungan balok induk.

3.9.2 Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \quad (3.11)$$

Dimana,

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

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

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

3.9.3 Perencanaan Lift

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

Ruang landasan diberi kelonggaran (pit lift) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak membentur dasar landasan, di samping itu berfungsi menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya saat tali putus. Perencanaan ini meliputi

perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

3.10 Perencanaan Penulangan Struktur

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

3.10.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Tahapan dalam merencanakan tulangan lentur adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u .
2. Menentukan harga β_1 sesuai peraturan berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (3.12)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

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

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.13)$$

(SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))

$$\rho_{max} < 0.025 \quad (3.14)$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1))

$$\rho_{max} < 0.75 \rho_b \quad (3.15)$$

(SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3))

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3.16)$$

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

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

Dari kedua harga ρ_{min} tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_r c} \quad (3.17)$$

5. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} \quad (3.18)$$

(SNI 2847:2013 pasal 9.3)

6. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (3.19)$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

7. Menentukan luas tulangan (A_s) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \text{ dengan, } A_s = \rho \times b \times d \quad (3.20)$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \quad (3.21)$$

9. Menghitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1} \quad (3.22)$$

3.10.1.2 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:

V_n = kuat geser nominal penampang

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

ϕ = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

Sedangkan untuk kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.23)$$

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

$$V_c = 0,17 \alpha \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.24)$$

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

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u \text{ (SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1)} \quad (3.25)$$

Dimana:

V_u	= geser terfaktor pada penampang yang ditinjau
V_n	= Kuat geser nominal
V_c	= Kuat geser beton
V_s	= Kuat geser nominal tulangan geser

3.10.1.3 Kontrol Torsi

Akibat torsi harus diperhitungkan apabila memenuhi kriteria berikut:

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (3.26)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3.27)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta \quad (3.28)$$

(SNI 2847:2013, 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_o = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm²

3.10.2 Perencanaan Tulangan Kolom

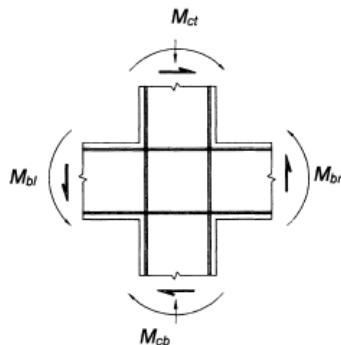
Untuk mendesain tulangan kolom, digunakan SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.1 untuk tulangan kolom akibat beban aksial tekan dan SNI 2847:-2013 Pasal 23.5.1 untuk kebutuhan tulangan geser sebagai acuan.

- Persyaratan “*Strong Coloumn Weak Beams*”

Sesuai filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa,

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

Dimana ΣM_{nc} adalah momen kapasitas kolom dan ΣM_{nb} merupakan momen kapasitas balok. Untuk M_{nc} 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* sesuai ilustrasi pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di Hubungan Balok Kolom

(Sumber: Bureau of Indian Standard(BIS), 2016)

3.10.3 Perencanaan Tulangan Pelat

3.10.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan pelat lantai ini menggunakan SNI 2847:2013 sebagai acuan dengan menentukan beberapa nilai seperti mengitung tulangan lentur pada balok. Namun pada penulangan pelat terdapat batasan pada jarak tulangan.

3.10.3.2 Perhitungan Tulangan Susut

Perhitungan kebutuhan tulangan susut merujuk pada peraturan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1. Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas

tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

1. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 adalah 0,0020
2. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 adalah 0,0018
3. Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

3.10.3.3 Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai SNI 2847:2013, Pasal 10.6.4.

Dengan:

$$Z = f_s^3 \sqrt{d_c A} \quad (3.29)$$

Dimana:

$Z \leq 30.000$ N/mm untuk penampang dalam ruangan,

$Z \leq 25.000$ N/mm untuk di luar ruangan,

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, boleh diambil sebesar 0,60 f_y (MPa)

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat (mm)

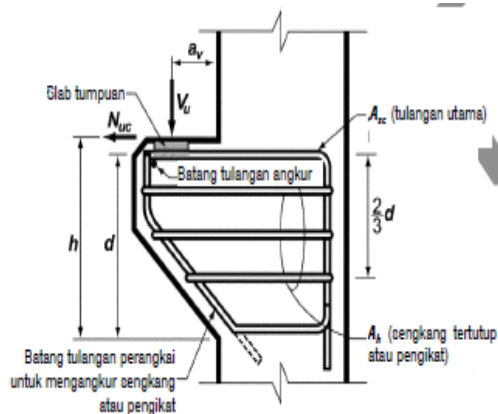
$$A = \frac{2d_c b}{n} \quad (3.30)$$

A = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dibagi dengan jumlah n batang tulangan atau kawat (mm^2)

3.11 Perencanaan Sambungan

3.11.1 Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom

Sambungan balok pracetak dengan kolom pada perencanaan Gedung perkantoran SS Tower ini menggunakan sambungan tipe basah yaitu cor setempat yang terletak pada balok. Sambungan tersebut dipilih karena dinilai lebih efektif dalam kinerja, lebih mudah dikerjakan, dan lebih sederhana dalam metode penyambungannya.

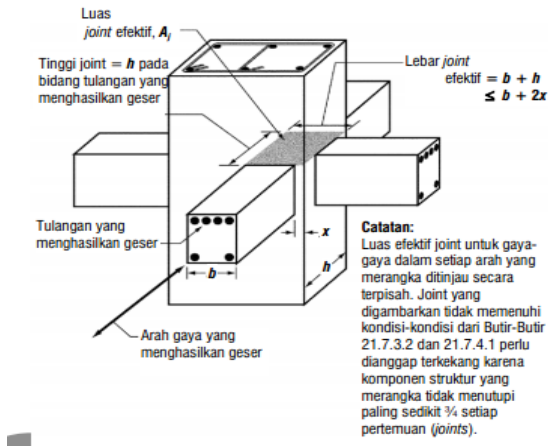


Gambar 3. 3 Geometrik Konsol Pendek
(Sumber: SNI 2847:2013)

Untuk mendapatkan sambungan yang bersifat monolit, harus memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, daktilitas, dan kriteria yang bersangkutan. Sementara itu, harus dicek juga mengenai mekanisme *strong column weak beam*. Pada sambungan balok-kolom harus didesain terjadinya pelelehan lentur di dalam sambungan, sementara pada sambungan kuat pelelehan harus terbentuk di luar sambungan, yaitu paling tidak pada jarak setengah tinggi balok di luar muka kolom. Selanjutnya, baik sambungan balok-kolom daktail maupun kuat harus memenuhi semua persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.8.

Kuat geser nominal, V_n pada daerah hubungan balok-kolom tidak boleh melebihi nilai yang disebutkan pada SNI

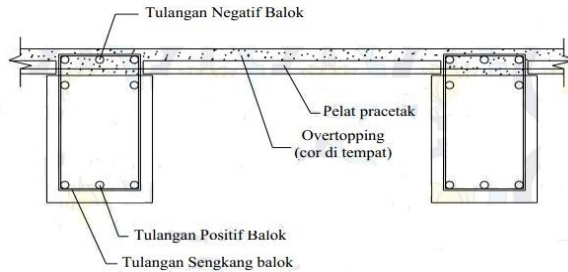
2847:2013 pasal 21.7.4. Untuk detail mengenai hubungan balok kolom dijelaskan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Hubungan Balok dan Kolom
(Sumber:SNI 2847:2013)

3.11.2 Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi overtopping yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm. Seperti terlihat pada Gambar 3.5.

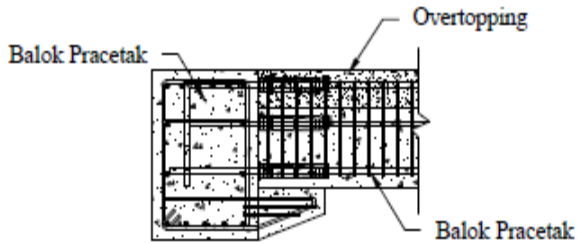


Gambar 3. 5 Sambungan Antara Balok dengan Pelat

3.11.3 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Dalam merencanakan suatu sambungan balok induk dan balok anak, Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya $1/180$ kali bentang bersih komponen plat pracetak, tetapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk memnghasilkan integritas struktur, maka tulangan utama atas dan bawah pada balok anak dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:2013. Pada Gambar 3.7 diberikan gambaran mengenai sambungan tersebut.

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



Gambar 3. 6 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

3.11.4 Detail Penulangan Sambungan

a. Geser Horizontal

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

$$V_{vh} = T = C = A_s f_y \quad (3.31)$$

Kuat geser horizontal menurut SNI 2847:2013, pasal 17.5.4 adalah :

$$\phi \times V_{nh} = \phi \times 0,6 \times b_v \times l_{vh} \quad (3.32)$$

Menurut SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.1 tulangan geser horizontal perlu :

$$V_s = \frac{A_v f_v d}{s} \quad (3.33)$$

b. Penyaluran Tulangan Dalam Tarik

Menurut SNI 03-2847-2013, pasal 12.2.2 adalah sebagai berikut:

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

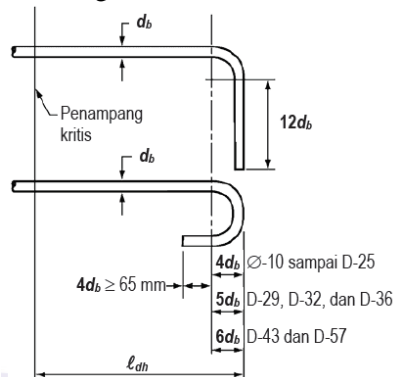
$$\text{Untuk } D \leq 19 \text{ mm} : l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c}} \right) d_b \quad (3.34)$$

$$D \geq 22 \text{ mm} : l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c}} \right) d_b \quad (3.35)$$

Tabel 3. 3 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik

ψ_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
ψ_e = faktor pelapis	
Batang atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dialvanis)	1,0
ψ_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
λ = faktor agregat ringan	
Apabila f_{ct} ditetapkan	0,75
Beton normal	1,0

c. Penyaluran Tulangan Berkaitan Dalam Tarik

Gambar 3. 7 Detail Kaitan untuk Penyaluran Kait Standar
(Sumber: SNI 2847:2013)

Dijelaskan pada Gambar 3.8 mengenai detail kaitan. Menurut SNI 2847:2013, pasal 12.5.2 adalah sebagai berikut:

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

Panjang penyaluran dasar dicari dengan rumus ℓ

$$dh = (0,24\Psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'_c}) / d_b \quad (3.36)$$

Dengan faktor pengali pada Tabel 3.4

Tabel 3. 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 90o 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 sengkang yang dipasang sepanjang ldh dengan spasi tidak lebih dari $3d_b$	0,80
Untuk kait 180 derajat dari batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil yang dilingkupi dalam pengikat atau sengkang tegak lurus terhadap tulangan yang disalurkan tidak lebih besar dari $3d_b$	0,8

3.12 Perencanaan Basement

Dinding pada basement harus dirancang agar kokoh dan kuat, mengingat fungsinya sebagai retaining wall (penahan beban tekanan tanah dan air). Ketebalan dinding betonnya berkisar antara 15-17.5 cm, bergantung pada kedalaman lantai basement-nya. Sementara untuk mengantisipasi adanya rembesan air, dinding mutlak diberi lapisan waterproofing.

Struktur basement direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan cor di lokasi. Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut:

- Penulangan Dinding *Basement*

Penulangan dinding basement dihitung sesuai dengan peraturan dalam SNI 2847:2013.

- Kontrol Ketebalan Dinding *Basement*
Ketebalan dinding basement dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013 pasal 22.6.6.3.
- Penulangan Pelat Lantai *Basement*
Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013.

3.13 Perencanaan Pondasi

Pada prosesnya, beban dari struktur atas akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Umumnya terdapat dua macam pondasi yang sering dipakai dalam konstruksi gedung, yaitu pondasi dangkal (*shallow foundations*) dan pondasi dalam (*deep foundations*). Pondasi dangkal umumnya digunakan untuk kasus-kasus konstruksi gedung sederhana (1 sampai 3 lantai) dengan beban standard dan bentang pendek. Beberapa contoh pondasi dangkal adalah pondasi batu kali, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan untuk kasus gedung tingkat tinggi tentu menggunakan pondasi dalam seperti : pondasi tiang pancang (*pilecap foundation*) dan pondasi tiang bore (*bore pile*).

Pondasi pada gedung pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan tiang pancang beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertikal menggunakan formula dari Luciano Decourt, sedangkan kekuatan lateral dihitung dengan formula dari Sosrodaryono dan Nakazawa (2000). Pondasi dikontrol terhadap kekuatan bahan dan kekuatan tanah.

3.13.1 Daya Dukung Tiang Vertikal

Luciano Decourt memberikan formula daya dukung tiang vertikal sebagai berikut.

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.37)$$

$$q_p = N_p + K \quad (3.38)$$

$$Q_s = q_s A_s \quad (3.39)$$

$$Q_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (3.40)$$

3.13.2 Daya Dukung Tiang Horizontal

Daya dukung tiang horizontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diizinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung kepala tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diizinkan dapat ditentukan. Formula berikut diberikan oleh Sosrodarsono dan Nakazawa (2000).

$$H_a = \left(\frac{4EI\beta^3}{1+\beta h} \right) \delta_a \quad (3.41)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kD}{4EI}} \quad (3.42)$$

$$k = k_0 Y^{-0.5} \quad (3.43)$$

$$k_0 = 0.2 E_0 D^{\frac{3}{4}} \quad (3.44)$$

$$E_0 = 28N \quad (3.45)$$

Dimana :

H_a = Kapasitas daya dukung horizontal tiang

E = Modulus elastisitas bahan

I = Momen inersia penampang

δ = pergeseran normal (diambil 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

k_0 = 0,2 $E_0 D^{-3/4}$

y = besarnya pergeseran yang dicari

E_0 = modulus elastisitas tanah (28N)

h = tinggi tiang di atas tanah

3.13.3 Kebutuhan Tiang Pancang

Pada gedung ini digunakan pondasi tiang dengan ilustrasi pada Gambar 3.8.

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (3.46)$$

$$2.5D \leq S \leq 5D$$

$$2.5D \leq S1 \leq 3D$$

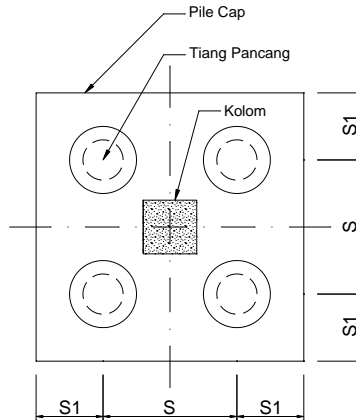
Kontrol tegangan yang terjadi pada tiang pancang

$$P_{\text{satuTP}} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My_{\text{max}}}{\sum x^2} \pm \frac{Mx_{\text{max}}}{\sum y^2} \quad (3.47)$$

Efisiensi satu tiang pancang:

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (3.48)$$

$$P_{\text{group tiang}} = \eta P_{\text{ijin}}$$



Gambar 3. 8 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang

3.13.4 Perencanaan Terhadap Geser

- a. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_c \geq V_u \quad (3.49)$$

$$\phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_o d \geq V_u \quad (3.50)$$

- b. Kontrol geser dua arah (geser ponds)

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil, sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (3.51)$$

$$V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad \text{atau} \quad (3.52)$$

Di mana α_s adalah 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut, atau

$$V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (3.53)$$

3.14 Metode Pelaksanaan

Setelah perhitungan dan perancangan struktur, dilakukan pengurutan langkah-langkah pengerjaan melalui metode pelaksanaan. Metode pelaksanaan akan menggambarkan secara umum proses pekerjaan mulai dari fabrikasi beton pracetak hingga pekerjaan struktur selesai.

3.15 Gambar Teknis Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan *software* AutoCAD.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

4.1.1 Umum

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. *Preliminary design* yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, kolom, dan *shearwall*. Sebelum melakukan *preliminary design* sebaiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.2 Data Perencanaan

Sebelum perhitungan *preliminary design*, perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-beban yang diterima struktur gedung tersebut. Pada perencanaan gedung perkantoran Social Security (SS) Tower dimodifikasi menggunakan beton pracetak biasa (non prategang) dengan data perencanaan sebagai berikut:

1. Data umum bangunan
 - Nama gedung : Social Security (SS) Tower
 - Lokasi : Jalan Rasuna Said, Kav. 112
Blok B, Setia Budi, Jakarta Selatan
 - Tipe bangunan : Perkantoran
 - Jumlah lantai : 15 lantai dan 1 lantai *basement*
 - Ketinggian lantai : 3 m
 - Tinggi bangunan : 48 m
 - Struktur bangunan : Beton pracetak (non prategang)
2. Data bahan
 - Mutu beton ($f'c$) : 45 MPa

- Mutu baja (f_y) : 420 MPa

4.1.3 Pembebanan

1. Beban Gravitasi

a. Beban Mati

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m³
- Spesi : 21 kg/m²
- Tegel : 24 kg/m²
- Plafond + penggantung : 18 kg/m²
- Ducting + plumbing : 30 kg/m²
- Aspal : 14 kg/m²
- *Glass curtain wall façade* : 60 kg/m²

b. Beban Hidup

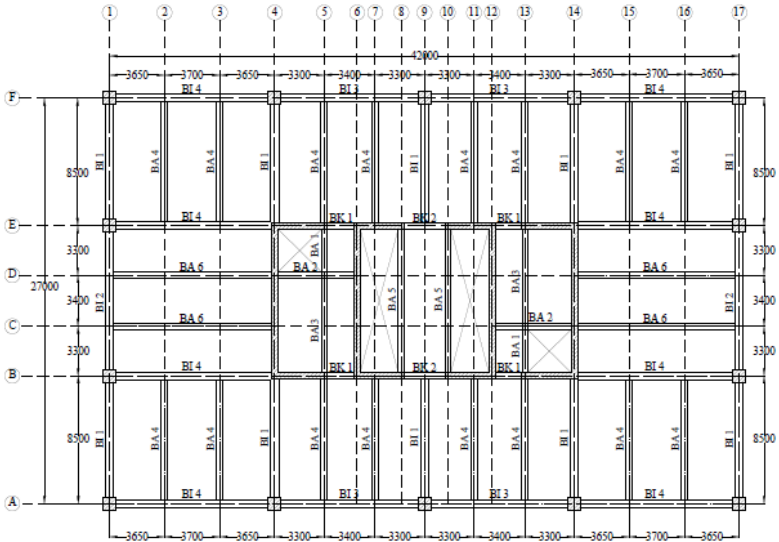
- Lantai atap : 96 kg/m²
- Lantai perkantoran : 240 kg/m²
- Pelat tangga dan bordes : 479 kg/m²
- Partisi : 72 kg/m²

2. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap beban gempa dilakukan menurut SNI 1726:2012 menggunakan Respons Spektrum.

4.1.4 Perencanaan Balok Induk

Perencanaan balok pada tugas akhir ini menggunakan balok induk yang penampangnya berbentuk persegi (*rectangular beam*). Dimensi balok yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 yang tertera pada Tabel 9.5(a).



Gambar 4. 1 Denah Balok Induk

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)

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan dimensi balok induk :

- a. Balok induk (BI2) melintang, L=10 meter

$$h_{\min} = \frac{10}{16} = 0,625 \text{ m digunakan } h = 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 0,8 = 0,55 \text{ m}$$

Dikarenakan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan dimensi elemen yang tipikal, maka digunakan balok induk melintang dengan dimensi 55/80 cm.

- b. Balok induk (BI3) memanjang, $L=10$ meter

$$h_{\min} = \frac{10}{16} = 0,625 \text{ m digunakan } h = 75 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 0,75 = 0,5 \text{ m}$$

Dikarenakan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan dimensi elemen yang tipikal, maka digunakan balok induk melintang dengan dimensi 50/75 cm.

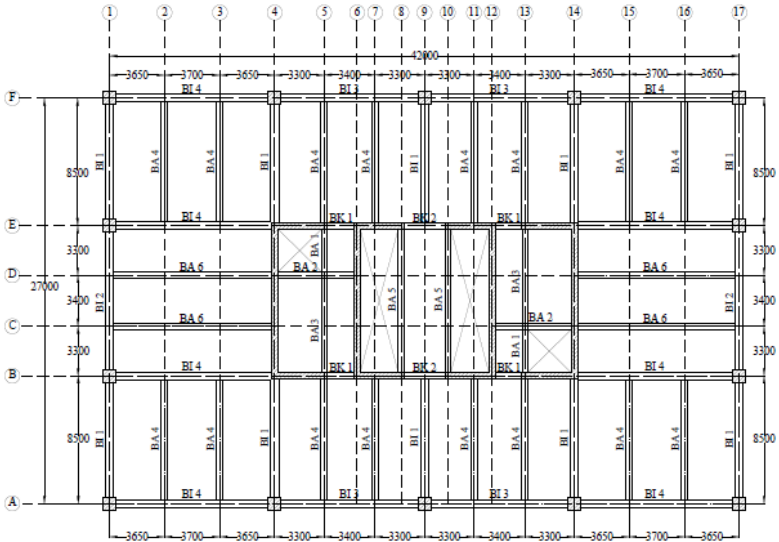
Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok induk menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

Balok Induk					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi balok		Dimensi yang digunakan	
		b (m)	h (m)	b (cm)	h (cm)
BI1	8,5	0,354	0,531	55	80
BI2	10	0,417	0,625	55	80
BI3	10	0,417	0,625	50	75
BI4	11	0,458	0,688	50	75

4.1.5 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan balok pada tugas akhir ini menggunakan balok anak yang penampangnya berbentuk persegi (*rectangular beam*). Dimensi balok yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 yang tertera pada Tabel 9.5(a).



Gambar 4. 2 Denah Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan dengan :

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

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

Dimana :

L = Panjang balok (m)

h = Tinggi balok (m)

b = Lebar balok (m)

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan dimensi balok anak :

- a. Balok anak (BA1) melintang, L = 8,5 meter

$$h_{\min} = \frac{8,5}{21} = 0,4048 \text{ m digunakan } h = 55 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 0,55 = 0,40 \text{ m}$$

Dikarenakan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan dimensi elemen yang tipikal, maka digunakan balok anak melintang dengan dimensi 40/55 cm.

- b. Balok anak (BA3) memanjang, $L = 11$ meter

$$h_{\min} = \frac{11}{21} = 0,523 \text{ m digunakan } h = 55 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 0,55 = 0,4 \text{ m}$$

Dikarenakan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan dimensi elemen yang tipikal, maka digunakan balok anak melintang dengan dimensi 40/55 cm.

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

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak

Balok Anak					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi balok		Dimensi yang digunakan	
		b (m)	h (m)	b (cm)	h (cm)
BA1	3,3	0,105	0,157	30	40
BA2	5,5	0,175	0,262	40	55
BA3	6,7	0,213	0,319	30	40
BA4	8,5	0,269	0,405	40	55
BA5	10	0,317	0,476	40	55
BA6	11	0,349	0,524	40	55

4.1.6 Perencanaan Pelat

Penentuan tebal pelat minimum satu arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5(a). Sedangkan untuk pelat dua arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.



Gambar 4. 3 Denah Pelat Atap

1. Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dan pelat atap dengan 12 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu:

Pelat tipe A	: 330 x 850 cm
Pelat tipe B	: 340 x 850 cm
Pelat tipe C	: 365 x 850 cm
Pelat tipe D	: 370 x 850 cm
Pelat tipe E	: 330 x 1100 cm
Pelat tipe F	: 340 x 1100 cm
Pelat tipe G	: 295 x 1000 cm
Pelat tipe H	: 310 x 1000 cm
Pelat tipe I	: 220 x 670 cm
Pelat tipe J	: 330 x 670 cm
Pelat tipe K	: 330 x 330 cm
Pelat tipe L	: 220 x 330 cm

2. Perhitungan Tebal Pelat

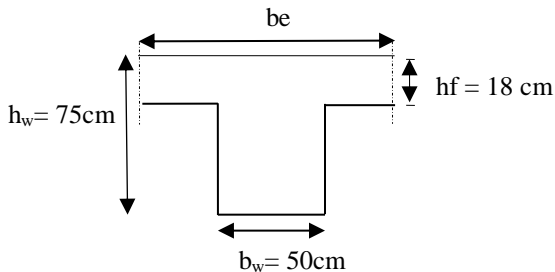
Direncanakan pelat tipe D dengan dimensi 370 x 850 cm digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat. Tebal pelat rencana yang digunakan adalah 18 cm.

$$L_n = 850 - \left(\frac{50+50}{2} \right) = 800 \text{ cm}$$

$$S_n = 370 - \left(\frac{40+40}{2} \right) = 330 \text{ cm}$$

$$\beta = \left(\frac{L_n}{S_n} \right) = \left(\frac{800}{330} \right) = 2,424 \geq 2 \text{ (Pelat Satu Arah)}$$

a. Balok BI4 (2 buah)



Perhitungan lebar efektif :

- $be_{eff} = \frac{1}{4} L_y$
 $be_{eff} = \frac{1}{4} \times 330$
 $be_{eff} = 82,5 \text{ cm}$
- $be_{eff} = b_w + 8 \times h_f$
 $be_{eff} = 50 + 8 \times 18$
 $be_{eff} = 194 \text{ cm}$
- $be_{eff} = b_w + \frac{1}{2} L_n$
 $be_{eff} = 50 + \frac{1}{2} \times 800$
 $be_{eff} = 450 \text{ cm}$

Maka lebar efektif yang digunakan adalah 83 cm

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

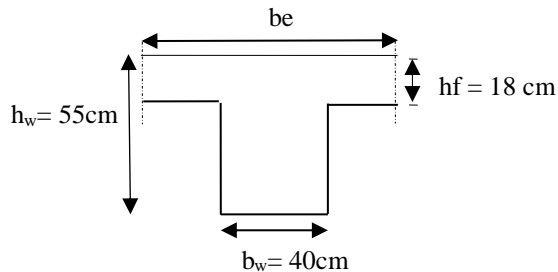
$$k = \frac{1 + \left(\frac{83}{50} - 1\right) \left(\frac{18}{75}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{18}{75}\right) + 4 \left(\frac{18}{75}\right)^2 + \left(\frac{83}{50} - 1\right) \left(\frac{18}{75}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{82}{50} - 1\right) \left(\frac{18}{75}\right)}$$

$$k = 1,246$$

$$\begin{aligned} I_{Balok} &= \frac{1}{12} k b h^3 & I_{Pelat} &= \frac{1}{12} l_n h_f^3 \\ I_{Balok} &= \frac{1}{12} \times 1,246 \times 50 \times 75^3 & I_{Pelat} &= \frac{1}{12} \times 330 \times 18^3 \\ I_{Balok} &= 2190353 \text{ cm}^4 & I_{Pelat} &= 160380 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_m = \frac{E_{Balok} I_{Balok}}{E_{Pelat} I_{Pelat}} = \frac{2190353}{160380} = 13,657$$

b. Balok BA1 (2 buah)



Perhitungan lebar efektif :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ beff} &= \frac{1}{4} L_y \\ \text{beff} &= \frac{1}{4} \times 800 \\ \text{beff} &= 200 \text{ cm} \\ \bullet \text{ beff} &= bw + 8 \times hf \\ \text{beff} &= 40 + 8 \times 18 \\ \text{beff} &= 184 \text{ cm} \\ \bullet \text{ beff} &= bw + \frac{1}{2} L_n \end{aligned}$$

$$be_{eff} = 40 + \frac{1}{2} \times 330$$

$$be_{eff} = 205 \text{ cm}$$

Maka lebar efektif yang digunakan adalah 184 cm

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{184}{40} - 1\right) \left(\frac{18}{55}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{18}{55}\right) + 4 \left(\frac{18}{55}\right)^2 + \left(\frac{184}{40} - 1\right) \left(\frac{18}{55}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{184}{40} - 1\right) \left(\frac{18}{55}\right)}$$

$$k = 1,860$$

$$\begin{aligned} I_{Balok} &= \frac{1}{12} k b h^3 & I_{Pelat} &= \frac{1}{12} l_n h_f^3 \\ I_{Balok} &= \frac{1}{12} \times 1,860 \times 40 \times 55^3 & I_{Pelat} &= \frac{1}{12} \times 800 \times 18^3 \\ I_{Balok} &= 1031839,1 \text{ cm}^4 & I_{Pelat} &= 388800 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_m = \frac{E_{Balok} I_{Balok}}{E_{Pelat} I_{Pelat}} = \frac{1031839,1}{388800} = 2,654$$

Jadi α_m rata-rata adalah :

$$\alpha_m = \frac{2 \times (13,657 + 2,654)}{4} = 8,155 > 2$$

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9 \beta}$$

$$h = \frac{800 \left(0,8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 9 \times 2,42}$$

$$h = 15,22 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm} > 18 \text{ cm (OK)}$$

Sehingga direncanakan tebal pelat lantai dan pelat atap menggunakan tebal 18 cm.

Dari cara perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi tebal pelat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap

Tipe Pelat	Dimensi (cm)				β	Jenis Pelat	Tebal Rencana (cm)
	P (cm)	L (cm)	Ln (cm)	Sn (cm)			
Tipe A	850	330	797.5	280	2.848214	Satu Arah	18
Tipe B	850	340	810	295	2.745763	Satu Arah	
Tipe C	850	365	800	315	2.539683	Satu Arah	
Tipe D	850	370	800	325	2.461538	Satu Arah	
Tipe E	1100	330	1052.5	285	3.692982	Satu Arah	
Tipe F	1100	340	1052.5	300	3.508333	Satu Arah	
Tipe G	1000	295	945	252.5	3.742574	Satu Arah	
Tipe H	1000	310	945	265	3.566038	Satu Arah	
Tipe I	670	220	610	185	3.297297	Satu Arah	
Tipe J	670	330	610	295	2.067797	Satu Arah	
Tipe K	330	330	295	270	1.092593	Dua Arah	
Tipe L	330	220	295	185	1.594595	Dua Arah	

4.1.7 Perencanaan Kolom

Kolom yang direncanakan harus 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.



Gambar 4. 4 Kolom yang Ditinjau sebagai Desain Awal (K1)

Pada gambar 4.1, terlihat kolom yang akan direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 9,25 x 5,5 meter dari seperempat masing-masing luasan pelat yang di atasnya.

Direncanakan :

Tebal pelat	: 18 cm
Tinggi lantai basement	: 300 cm
Tinggi tiap lantai	: 300 cm

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPPURG 1987 untuk beban mati dan beban hidup, yang diberikan di setiap lantai sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dan keefektifan, dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Pada tugas akhir ini, direncanakan 3 tipe kolom yaitu tipe kolom 1 untuk lantai atap – 11 dan tipe kolom 2 untuk lantai 10 – 6 dan tipe kolom 3 untuk lantai 5-basement.

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8, dengan syarat komponen struktur yang memiliki $K_{LL} \cdot A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$A_T = 50,875 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} = 4 \text{ (kolom eksterior tanpa pelat kantilever)}$$

$$K_{LL} \times A_T = 4 \times 50,875 = 203,5 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$L_O = 0,96 \text{ kN/ m}^2$$

$$R_1 = 1,2 - 0,011 A_T = 0,64$$

$$R_2 = 1$$

$$L_r = L_O \times R_1 \times R_2$$

$$L_r = 0,96 \times 0,64 \times 1 = 0,615 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Syarat} = 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai kantor

$$L_O = 2,4 \text{ kN/ m}^2$$

$$K_{LL} \times A_T = 203,5 \text{ m}^2$$

$$L = L_O \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \geq 0,4 L_O$$

$$L = 2,4 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{203,5}} \right) \geq 0,4 \times 2,4$$

$$L = 1,369 > 0,96 \text{ kN/ m}^2 \text{ (OK)}$$

Berikut adalah tabel pembebanan pada kolom yang ditinjau sebagai *preliminary design*:

Tabel 4. 4 Beban yang Diterima Kolom untuk Atap – Lantai 10

KOLOM LANTAI ATAP-10							
PELAT ATAP							
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Pelat Lantai Atap	2400	kg/m ³	9.25	5.5	0.18	1	21978
Plafon + Peggantung	18	kg/m ²	9.25	5.5	-	1	915.75
Spesi (2cm)	21	kg/m ²	9.25	5.5	-	1	2136.75
Aspal	14	kg/m ²	9.25	5.5	-	1	712.25
Ducting + Plumbing	30	kg/m ²	9.25	5.5	-	1	1526.25
Balok B11	2400	kg/m ³	4.25	0.55	0.8	1	4488
Balok B12	2400	kg/m ³	5	0.55	0.8	1	5280
Balok B14	2400	kg/m ³	5.5	0.5	0.75	1	4950
Balok BA4	2400	kg/m ³	4.25	0.4	0.55	1	2244
Balok BA6	2400	kg/m ³	5.5	0.4	0.55	1	2904
WD							47135
Beban Hidup	Berat Sendiri (kg/m ²)	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat
Atap Datar	61.476	kg/m ²	9.25	5.5	-	1	3127.592
Pekerja	100	kg/m ²	9.25	5.5	-	1	5087.5
Beban Hujan	20	kg/m ²	9.25	5.5	-	1	1017.5
WL							9232.592
PELAT LANTAI 14-10							
Beban Mati	Berat Sendiri (kg/m ³)	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Pelat Lantai	2400	kg/m ³	9.25	5.5	0.18	5	109890
Plafon + Peggantung	18	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	4578.75
Tegel	24	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	6105
Spesi (2cm)	21	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	10683.75
Beban Partisi	72	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	18315

Beban Mati	Berat Sendiri (kg/m ³)	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Ducting + Plumbing	30	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	7631.25
Balok BI1	2400	kg/m ³	4.25	0.55	0.8	5	22440
Balok BI2	2400	kg/m ³	5	0.55	0.8	5	26400
Balok BI4	2400	kg/m ³	5.5	0.5	0.75	5	24750
Balok BA4	2400	kg/m ³	4.25	0.4	0.55	5	11220
Balok BA6	2400	kg/m ³	5.5	0.4	0.55	5	14520
WD							256533.8
Beban Hidup	Berat Sendiri (kg/m ³)	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Lantai Perkantoran	136.886	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	34820.28
WL							34820.28
WD Total							303668.8
WL Total							44052.88

Jadi berat total yang diterima menggunakan kombinasi 1,2WD+1,6WL adalah :

$$W_{total} = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL}$$

$$W_{total} = 1,2 (303668,75) + 1,6 (44052,876)$$

$$W_{total} = 434887,1 \text{ kg}$$

$$F'c = 45 \text{ MPa} = 450 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0,65$$

$$A = \frac{W}{\emptyset f'c} = \frac{440211,5}{0,65 \times 450} = 1486,79 \text{ cm}^2$$

Jika b=h, maka

$$b = 39 \text{ cm}$$

$$h = 39 \text{ cm}$$

Dikarenakan dimensi kolom terlalu kecil dan tidak memenuhi syarat untuk permodelan, maka dimensi kolom menjadi 75/75 cm untuk lantai 10 – atap.

Berat kolom lantai 10-atap adalah :

$$W_{\text{kolom}} = 2400 \times 0,75 \times 0,75 \times 3 \times 6 = 24300 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = 440211,5 + 1,2 (24300) = 464047,1 \text{ kg}$$

Tabel 4. 5 Beban yang Diterima Kolom untuk Lantai 9-5

PELAT LANTAI 9-5							
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Pelat Lantai	2400	kg/m ³	9.25	5.5	0.18	5	109890
Plafon + Penggantung	18	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	4578.75
Tegel	24	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	6105
Spesi (2cm)	21	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	10683.75
Beban Partisi	72	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	18315
Ducting + Plumbing	30	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	7631.25
Balok BI1	2400	kg/m ³	4.25	0.55	0.8	5	22440
Balok BI2	2400	kg/m ³	5	0.55	0.8	5	26400
Balok BI4	2400	kg/m ³	5.5	0.5	0.75	5	24750
Balok BA4	2400	kg/m ³	4.25	0.4	0.55	5	11220
Balok BA6	2400	kg/m ³	5.5	0.4	0.55	5	14520
WD							256533.8
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Lantai Perkantoran	136.886	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	34820.28
WL							34820.28
WD Total							256533.8
WL Total							34820.28

Jadi berat total yang diterima menggunakan kombinasi 1,2WD+1,6WL adalah :

$$W_{total} = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL} + \text{Berat total}$$

$$W_{total} = 1,2 (256533,75) + 1,6 (34820,28) + 464047,1$$

$$W_{total} = 827600,06 \text{ kg}$$

$$F'c = 45 \text{ MPa} = 450 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0,65$$

$$A = \frac{W}{\emptyset f'c} = \frac{837361,46}{0,65 \times 450} = 3065,185 \text{ cm}^2$$

Jika b=h, maka

$$b = 56 \text{ cm}, h = 56 \text{ cm}$$

Dikarenakan dimensi kolom terlalu kecil dan tidak memenuhi syarat untuk permodelan, maka dimensi kolom menjadi 80/80 cm untuk lantai 9 – 5.

Berat kolom lantai 10-6 adalah :

$$W_{kolom} = 2400 \times 0,8 \times 0,8 \times 3 \times 5 = 23040 \text{ kg}$$

$$W_{total} = 827600,06 + 1,2 (23040) = 855248,06 \text{ kg}$$

Tabel 4. 6 Beban yang Diterima Kolom untuk 4 – Lantai Basement

PELAT LANTAI 4-Basement							
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Pelat Lantai	2400	kg/m ³	9.25	5.5	0.18	5	109890
Plafon + Penggantung	18	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	4578.75
Tegel	24	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	6105
Spesi (2cm)	21	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	10683.75
Beban Partisi	72	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	18315
Ducting + Plumbing	30	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	7631.25
Balok BI1	2400	kg/m ³	4.25	0.55	0.8	5	22440
Balok BI2	2400	kg/m ³	5	0.55	0.8	5	26400
Balok BI4	2400	kg/m ³	5.5	0.5	0.75	5	24750

Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Balok BA4	2400	kg/m ³	4.25	0.4	0.55	5	11220
Balok BA6	2400	kg/m ³	5.5	0.4	0.55	5	14520
WD							256533.8
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Lantai Perkantoran	136.886	kg/m ²	9.25	5.5	-	5	34820.28
WL							34820.28
WD Total							256533.8
WL Total							34820.28

Jadi berat total yang diterima menggunakan kombinasi 1,2WD+1,6WL adalah :

$$W_{total} = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL} + \text{Berat total}$$

$$W_{total} = 1,2 (256533,75) + 1,6 (34820,28) + 855248,06$$

$$W_{total} = 1218801 \text{ kg}$$

$$F'_c = 45 \text{ MPa} = 450 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0,65$$

$$A = \frac{W}{\emptyset f'_c} = \frac{1232999}{0,65 \times 450} = 4166,84 \text{ cm}^2$$

Jika $b=h$, maka

$$b = 65 \text{ cm}$$

$$h = 65 \text{ cm}$$

Dikarenakan dimensi kolom terlalu kecil dan tidak memenuhi syarat untuk permodelan, maka dimensi kolom menjadi 85/85 cm untuk lantai 4 – basement.

Berat kolom lantai 4 - basement adalah :

$$W_{kolom} = 2400 \times 0,85 \times 0,85 \times 3 \times 5 = 26010 \text{ kg}$$

$$W_{total} = 1218801 + 1,2 (26010) = 1250013 \text{ kg}$$

4.1.8 Perencanaan Dinding Geser (*Shearwall*)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1, ketebalan shearwall atau dinding geser tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm. Direncanakan :

1. Tebal rencana dinding geser 1 = 40 cm
 Panjang bentang = 1000 cm
 Tinggi lantai = 300 cm
 $40 \text{ cm} \geq H/25 = 300/25 = 12 \text{ cm}$ (OK)
 $40 \text{ cm} \geq L/25 = 1000/25 = 40 \text{ cm}$ (OK)
2. Tebal rencana dinding geser 2 = 40 cm
 Panjang bentang = 330 cm
 Tinggi lantai = 300 cm
 $80 \text{ cm} \geq H/25 = 300/25 = 12 \text{ cm}$ (OK)
 $80 \text{ cm} \geq L/25 = 330/25 = 13,2 \text{ cm}$ (OK)
3. Tebal rencana dinding geser 1 = 40 cm
 Panjang bentang = 295 cm
 Tinggi lantai = 300 cm
 $40 \text{ cm} \geq H/25 = 300/25 = 12 \text{ cm}$ (OK)
 $40 \text{ cm} \geq L/25 = 295/25 = 11,8 \text{ cm}$ (OK)

4.2 Pembebanan dan Analisa Struktur

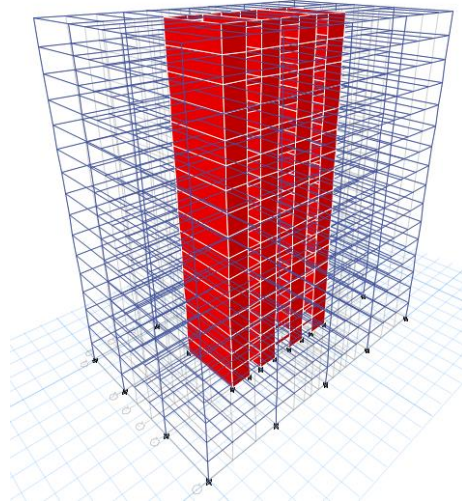
4.2.1 Umum

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

4.2.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur gedung Perkantoran Social Security (SS) Tower dalam

tugas akhir ini dimodifikasi sehingga memiliki total 15 lantai dan 1 lantai basement, tinggi total ± 48 meter.



Gambar 4. 5 Permodelan pada ETABS

4.2.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa struktur gedung ini mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 sebagai berikut :

- a. $U = 1,4 D$
- b. $U = 1,2 D + 1,6 L$
- c. $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 Ex$
- d. $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 Ey$
- e. $U = 1,0 D + 1,0 L$
- f. $U = 0,9 D \pm 1,0 Ex$
- g. $U = 0,9 D \pm 1,0 Ey$

Dimana:

U = Beban Ultimate

D = Beban Mati

L	= Beban Hidup
Ex	= Beban Gempa arah X
Ey	= Beban Gempa arah Y

4.2.4 Pembebanan Gravitasi

Pembebanan gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Beban mati dan beban hidup yang diperhitungkan berupa :

1. Beban Mati (PPPURG 1987)

Berat sendiri beton bertulang	: 2400 kg/m ³
Tegel	: 24 kg/m ²
Spesi (2 cm)	: 42 kg/m ²
Plafond+Penggantung	: 18 kg/m ²
Ducting+Plumbing	: 30 kg/m ²
Aspal	: 14 kg/m ²
Glass Curtain Wall Façade	: 60 kg/m ²
2. Beban Hidup (SNI 1727:2013)

Lantai Atap	: 96 kg/m ²
Lantai Perkantoran	: 240 kg/m ²
Beban Partisi	: 72 kg/m ²

4.2.5 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur Gedung Social Security (SS) Tower ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisa dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang telah ditentukan.

1. Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodik. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan

dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

Gempa Respons Spektrum X :

100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y

Gempa Respons Spektrum Y :

100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

2. Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan system rangka bangunan dengan dinding geser beton bertulang khusus. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5; nilai koefisien modifikasi respons (R) = 6,5; dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5.

3. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Berdasarkan SNI 1726:2012, kategori resiko untuk gedung perkantoran yaitu II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) yaitu 1,0.

Tabel 4. 7 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa I_e
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

4. Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Kelas situs pada gedung Social Security (SS) Tower termasuk dalam kelas situs SE (Tanah Lunak).

5. Parameter Respons Spectral dan Percepatan Spectral Desain Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respons Spektrum (MCE). Data percepatan respons spektrum diambil dari website *puskim.pu.go.id*.

Dari website tersebut didapatkan data pada lokasi Jakarta Selatan dengan kelas situs SE (Tanah Lunak) seperti pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,361
S _S (g)	0,686
S ₁ (g)	0,300
F _a	1,328
F _V	2,799
S _{MS} (g)	0,911
S _{M1} (g)	0,841
S _{DS} (g)	0,607
S _{D1} (g)	0,560

Keterangan :

PGA : Percepatan muka tanah puncak MCE_G terpeta

S_S : Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek

S₁ : Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik

F_a : Koefisien situs untuk perioda pendek

F_V : Koefisien situs untuk perioda panjang

S_{MS} : Parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{M1} : Parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{DS} : Parameter percepatan respons spektral pada

S_{D1} : Parameter percepatan respons spektral pada
periode pendek
periode 1 detik

6. Kategori Desain Seismik

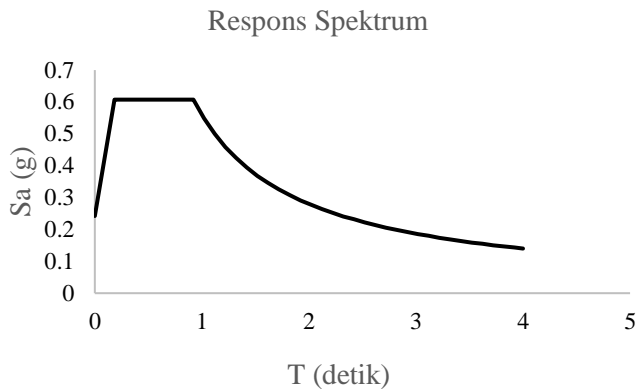
Kategori desain seismik dibagi berdasarkan tabel 6 pada SNI 1726:2012. Untuk SDS sebesar 0,607 dan S_{D1} sebesar 0,56 serta kategori resiko II, maka kategori desain seismik tergolong kategori D.

7. Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain

Untuk periode fundamental dan respons spektrum desain didapat data dari website puskim.pu.go.id atau dengan menggunakan peraturan SNI 1726:2012 pasal 6.4.

Tabel 4. 9 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan
Respons Spektrum

T (s)	Sa (g)	T (s)	Sa (g)
0,0000	0.24294	2.42056	0.231
0,1844	0.607	2.52056	0.222
0,9221	0.607	2.62056	0.214
1,0206	0.549	2.72056	0.206
1.12056	0.500	2.82056	0.199
1,2206	0.459	2.92056	0.192
1,3206	0.424	3.02056	0.185
1.42056	0.394	3.12056	0.179
1.52056	0.368	3.22056	0.174
1.62056	0.346	3.32056	0.169
1.72056	0.325	3.42056	0.164
1.82056	0.308	3.52056	0.159
1.92056	0.292	3.62056	0.155
2.02056	0.277	3.72056	0.151
2.12056	0.264	3.82056	0.147
2.22056	0.252	3.92056	0.143
2.32056	0.241	4,0000	0.140



Gambar 4. 6 Grafik Spektrum Respons Desain

4.2.6 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

1. Kontrol Beban Gravitasi
2. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental
3. Kontrol Gaya Geser Dasar
4. Kontrol Partisipasi Massa
5. Kontrol Sistem Ganda
6. Kontrol Batas Simpangan
7. Analisa Eksentrisitas

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

1. Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu ETABS dengan desain bangunan gedung.

Tabel 4.10 merupakan rekapitulasi pembebanan gravitasi secara manual sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi

LANTAI ATAP						
Beban Mati	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Balok Induk 55/80	2400	0.55	105	0.8	1	110880
Balok Induk 50/75	2400	0.5	128	0.75	1	115200
Balok Anak 30/40	2400	0.3	20	0.4	1	5760
Balok Anak 40/55	2400	0.4	211	0.55	1	111408
Balok Kopel 40/60	2400	0.4	8.8	0.6	1	5068.8
Balok Kopel 40/80	2400	0.4	6.2	0.8	1	4761.6
Pelat Lantai Atap	2400	27	42	0.18	1	489888
Superdead	104	27	42	-	1	117936
WD						960902.4
Beban Hidup	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Lantai Atap	61.476	27	42	-	1	69713.784
WL						69713.784

LANTAI Basement - 14						
Beban Mati	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Balok Induk 55/80	2400	0.55	105	0.8	15	1663200
Balok Induk 50/75	2400	0.5	128	0.75	15	1728000
Balok Anak 30/40	2400	0.3	20	0.4	15	86400
Balok Anak 40/55	2400	0.4	211	0.55	15	1671120
Balok Kopel 40/60	2400	0.4	8.8	0.6	15	76032
Balok Kopel 40/80	2400	0.4	6.2	0.8	15	71424
Pelat Lantai Kantor	2400	1053.22		0.18	15	6824865.6
Superdead	114	1053.22		-	15	1801006.2
Beban Partisi	72	934		-	15	1008720
Curtain Wall Facade	60	-	138	3	15	372600
WD						15303367.80
Beban Hidup	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg)
Lantai Perkantoran	136.8856	1053.22		-	15	2162560.41
WL						2162560.41

Tabel 4. 11 Hasil Pembebanan pada ETABS

TABLE: Base Reactions						
Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Case/Combo	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1D+1L	0	0	221212.89	2986374	-4645471	0.008

Pembebanan yang diinput pada ETABS haruslah mendekati perhitungan manual ($\pm 5\%$) sehingga pembebanan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Berikut merupakan rasio selisih pembebanan gravitasi yang didapat dari ETABS dan perhitungan manual pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Kontrol Pembebanan Gravitasi

Jenis Beban	Beban (kg)
Kolom	1026900
Shearwall	2995200
Beban Mati	20286370,20
Beban Hidup	2232274,19
Superdead	1918942,2
D+L	22518644,39
D+L (ETABS)	22121288,82

Didapatkan dari tabel base reaction hasil analisa program bantu ETABS berat sebesar 22121288,82 kg dan perhitungan manual sebesar 22518644,39 kg.

Sehingga didapatkan rasio selisih sebagai berikut :

$$\text{Rasio} = \left(\frac{22518644,39}{22121288,82} - 1 \right) \times 100\% \\ = 1,796 \%$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa pembebanan gravitasi menggunakan ETABS sudah benar.

2. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu getar/periode alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menempuh satu siklus gerakan yang nilainya dipengaruhi oleh fungsi massa dan kekakuan. Nilai periode desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana. Penentuan periode didasarkan pada peraturan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2, yaitu :

$$T = T_a C_u$$

Dimana :

T_a = Periode fundamental pendekatan (s)

C_u = Koefisien untuk batas atas perioda

Periode fundamental pendekatan sendiri ditentukan dengan persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Sementara itu, untuk nilai C_t dan x diperoleh dari Tabel 4.

Berikut :

Tabel 4. 13 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

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

Sehingga didapatkan nilai C_t dan x sebagai berikut :

$$T_a = C_t h_n^x = 0,0466 \times 45^{0,9} = 1,433 \text{ s}$$

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

Dari nilai $SD_1 = 0,56$, didapatkan koefisien $C_u = 1,4$. Maka nilai $C_u.T_a$ dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 1,433 = 2,0063 \text{ s}$$

Nilai T yang didapat dari program bantu ETABS seperti pada Tabel 4.14 Sebagai berikut :

Tabel 4. 14 Periode Fundamental

TABLE : Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad'/sec'
Modal	1	1,755	0,57	3,5798	12,8151
Modal	2	1,632	0,613	3,8502	14,8244
Modal	3	1,56	0,641	4,0272	16,218
Modal	4	0,543	1,842	11,5732	133,9387
Modal	5	0,492	2,033	12,7728	163,1454
Modal	6	0,372	2,688	16,8877	285,1951
Modal	7	0,288	3,469	21,7974	475,1274
Modal	8	0,258	3,879	24,3741	594,0982
Modal	9	0,189	5,289	33,2307	1104,2777
Modal	10	0,174	5,749	36,1213	1304,7487
Modal	11	0,171	5,845	36,7259	1348,7934
Modal	12	0,137	7,313	45,9504	2111,4359

T terbesar yang didapat dari analisa ETABS = 1,755 s, sehingga didapatkan :

$$T_a < T < C_u T_a$$

$$1,433 < 1,755 < 2,0063 \text{ (OK)}$$

Maka periode yang digunakan adalah 1,755 s.

3. Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Koefisien respon 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 Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 6,5.

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

$$C_s = \frac{0,607}{\left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,093$$

Nilai C_s tidak lebih dari :

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

$$C_s \max = \frac{0,56}{1,755\left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,049$$

Nilai C_s tidak kurang dari :

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

$$C_s \min = 0,044 \times 0,607 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s \min = 0,0267 \geq 0,01$$

Maka nilai C_s diambil sebesar 0,049

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

Tabel 4. 15 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS

TABLE: Base Reactions						
Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Case/Combo	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1D+0.3L	0	0	205851	2778986	-4322867	0.006

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

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,049 \times 205851 \text{ kN}$$

$$V = 10105,32 \text{ kN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil dari 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dilakukan dengan 0,85 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 :

Tabel 4. 16 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS V_x dan V_y

TABLE : Base Reactions			
Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
Gempa X Max	14381,1783	4635,4631	0,00005
Gempa Y Max	4314,5483	15450,91	0,00004

$$V = 10105,32 \text{ kN}$$

$$V_x = 14381,178 \text{ kN}$$

$$V_y = 15450,91 \text{ kN}$$

Maka untuk arah X :

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

$$14381,178 > 0,85 \times 10105,32$$

$$14381,178 > 8589,523 \text{ (OK)}$$

Maka untuk arah Y :

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

$$15450,91 > 0,85 \times 10105,32$$

$$15450,91 > 8589,523 \text{ (OK)}$$

Ternyata hasil dari analisa ETABS tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil analisa tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

4. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa actual dari masing-masing arah. Dalam hal ini digunakan bantuan program ETABS untuk mengetahui hasil partisipasi massa seperti pada tabel 4.17 :

Tabel 4. 17 Rasio Partisipasi Massa

TABLE : Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	1,755	0,755	0	0
Modal	2	1,632	0,755	0	0
Modal	3	1,56	0,755	0,6765	0
Modal	4	0,543	0,8781	0,6765	0
Modal	5	0,492	0,8781	0,6765	0
Modal	6	0,372	0,8781	0,8729	0
Modal	7	0,288	0,9223	0,8729	0
Modal	8	0,258	0,9223	0,8729	0
Modal	9	0,189	0,9468	0,8729	0
Modal	10	0,174	0,9468	0,9331	0
Modal	11	0,171	0,9468	0,9331	0
Modal	12	0,137	0,962	0,9331	0

Dari tabel 4.17 didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 92,23% pada modal ke 7 dan partisipasi massa arah Y sebesar 93,3% pada modal ke 10. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

5. Kontrol Sistem Ganda (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 pada tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Kontrol Sistem Ganda

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	KN	%	KN	%
Shearwall	4123,085	64,90	3948,182	72,09
SRPMM	2230,127	35,10	1528,220	27,91
Total	6353,212	100	5476,402	100

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

6. Kontrol Batas Simpangan (Drift)

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

Tabel 4. 19 Simpangan antar Lantai Ijin Δ_a

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	0,025h _{sx}	0,020h _{sx}	0,015h _{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010h _{sx}	0,010h _{sx}	0,010h _{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007h _{sx}	0,007h _{sx}	0,007h _{sx}
Semua struktur lainnya	0,020h _{sx}	0,015h _{sx}	0,010h _{sx}

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari persyaratan di atas :

$$\Delta a = 0,020 h_{sx} = 0,020 \times 3000 = 60 \text{ mm}$$

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

$$\delta_i = \frac{\delta \times C_d}{I_e}$$

Dimana :

$$\delta = \text{Drift2} - \text{Drift1}$$

$$C_d = 5$$

$$I_e = 1$$

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan δ_i sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada tabel 4.20 dan tabel 4.21.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Simpangan yang Terjadi Arah X

TABLE: Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Max Drift	Avg Drift	δ	δ_i	Δa	Ket
		mm	mm	mm	mm	mm	
Story16	Gempa X Max	51.4	51.4	1.8	9	60	OK
Story15	Gempa X Max	49.6	49.6	2	10	60	OK
Story14	Gempa X Max	47.6	47.6	2.4	12	60	OK
Story13	Gempa X Max	45.2	45.2	2.7	13.5	60	OK
Story12	Gempa X Max	42.5	42.5	3.1	15.5	60	OK
Story11	Gempa X Max	39.4	39.4	3.3	16.5	60	OK
Story10	Gempa X Max	36.1	36.1	3.5	17.5	60	OK
Story9	Gempa X Max	32.6	32.6	3.8	19	60	OK
Story8	Gempa X Max	28.8	28.8	4	20	60	OK
Story7	Gempa X Max	24.8	24.8	4	20	60	OK
Story6	Gempa X Max	20.8	20.8	4.2	21	60	OK
Story5	Gempa X Max	16.6	16.6	4.2	21	60	OK
Story4	Gempa X Max	12.4	12.4	4	20	60	OK
Story3	Gempa X Max	8.4	8.4	3.7	18.5	60	OK
Story2	Gempa X Max	4.7	4.7	3	15	60	OK
Story1	Gempa X Max	1.7	1.7	1.7	8.5	60	OK

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Simpangan yang Terjadi Arah Y

TABLE: Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Max Drift	Avg Drift	δ	δ_i	Δa	Ket
		mm	mm	mm	mm	mm	
Story16	Gempa Y Max	49.7	49.7	3.5	17.5	60	OK
Story15	Gempa Y Max	46.2	46.2	3.6	18	60	OK
Story14	Gempa Y Max	42.6	42.6	3.7	18.5	60	OK
Story13	Gempa Y Max	38.9	38.9	3.8	19	60	OK
Story12	Gempa Y Max	35.1	35.1	3.8	19	60	OK
Story11	Gempa Y Max	31.3	31.3	3.8	19	60	OK
Story10	Gempa Y Max	27.5	27.5	3.8	19	60	OK
Story9	Gempa Y Max	23.7	23.7	3.7	18.5	60	OK
Story8	Gempa Y Max	20	20	3.5	17.5	60	OK
Story7	Gempa Y Max	16.5	16.5	3.4	17	60	OK
Story6	Gempa Y Max	13.1	13.1	3.2	16	60	OK
Story5	Gempa Y Max	9.9	9.9	2.8	14	60	OK
Story4	Gempa Y Max	7.1	7.1	2.5	12.5	60	OK
Story3	Gempa Y Max	4.6	4.6	2.1	10.5	60	OK
Story2	Gempa Y Max	2.5	2.5	1.6	8	60	OK
Story1	Gempa Y Max	0.9	0.9	0.9	4.5	60	OK

Berdasarkan persyaratan besarnya kinerja layan yang terjadi pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3 yaitu :

$$\delta_i = \frac{\delta \times Cd}{I_e} < \Delta a$$

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

7. Kontrol Eksentrisitas dan Torsi

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. Berikut merupakan hasil eksentrisitas yang dihasilkan dari program bantu ETABS 2013.

Tabel 4. 22 Hasil Eksentrisitas Torsi Bawaan

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		eox (m)	eoy (m)
	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)		
Story1	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story2	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story3	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story4	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story5	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story6	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story7	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story8	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story9	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story10	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story11	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story12	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story13	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story14	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story15	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00
Story16	21	13.5	21	13.5	0.00	0.00

Eksentrisitas dari torsi tak terduga merupakan eksentrisitas tambahan sebesar 5% dari dimensi arah tegak lurus panjang bentang struktur dimana gaya gempa arah X dan Y bekerja. Berikut merupakan hasil dari eksentrisitas torsi tak terduga.

Tabel 4. 23 Hasil Torsi Tak Terduga

Story	Panjang Bentang Total sumbu y (m)	Panjang Bentang Total sumbu x (m)	0.05 ly (m)	0.05 lx (m)
Story1	27	42	1.35	2.1
Story2	27	42	1.35	2.1
Story3	27	42	1.35	2.1
Story4	27	42	1.35	2.1
Story5	27	42	1.35	2.1
Story6	27	42	1.35	2.1
Story7	27	42	1.35	2.1
Story8	27	42	1.35	2.1
Story9	27	42	1.35	2.1
Story10	27	42	1.35	2.1
Story11	27	42	1.35	2.1
Story12	27	42	1.35	2.1
Story13	27	42	1.35	2.1
Story14	27	42	1.35	2.1
Story15	27	42	1.35	2.1
Story16	27	42	1.35	2.1

Eksentrisitas torsi tak terduga harus dikalikan dengan faktor amplifikasi momen torsi tak terduga (A) yang ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = \left(\frac{\delta_{\max}}{1,2 \delta_{\text{avg}}} \right)^2 \geq 1$$

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan hasil eksentrisitas torsi tak terduga akibat faktor amplifikasi momen torsi tak terduga pada Tabel 4.24 dan Tabel 4.25.

Tabel 4. 24 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah X

Story	δ_{\max} arah X (mm)	δ_{avg} arah X (mm)	1.2 δ_{avg} arah X (mm)	$A_x =$ $(\delta_{\max}/1.2\delta_{\text{avg}})^2$	A_x Pakai
Story1	51.4	51.4	61.68	0.6944	1
Story2	49.6	49.6	59.52	0.6944	1
Story3	47.6	47.6	57.12	0.6944	1
Story4	45.2	45.2	54.24	0.6944	1
Story5	42.5	42.5	51	0.6944	1
Story6	39.4	39.4	47.28	0.6944	1
Story7	36.1	36.1	43.32	0.6944	1
Story8	32.6	32.6	39.12	0.6944	1
Story9	28.8	28.8	34.56	0.6944	1
Story10	24.8	24.8	29.76	0.6944	1
Story11	20.8	20.8	24.96	0.6944	1
Story12	16.6	16.6	19.92	0.6944	1
Story13	12.4	12.4	14.88	0.6944	1
Story14	8.4	8.4	10.08	0.6944	1
Story15	4.7	4.7	5.64	0.6944	1
Story16	1.7	1.7	2.04	0.6944	1

Tabel 4. 25 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah Y

Story	δ_{\max} arah Y (mm)	δ_{avg} arah Y (mm)	$1.2 \delta_{\text{avg}}$ arah Y (mm)	$A_y =$ $(\delta_{\max}/1.2 \delta_{\text{avg}})^2$	A_y Pakai
Story1	49.7	49.7	59.64	0.6944	1
Story2	46.2	46.2	55.44	0.6944	1
Story3	42.6	42.6	51.12	0.6944	1
Story4	38.9	38.9	46.68	0.6944	1
Story5	35.1	35.1	42.12	0.6944	1
Story6	31.3	31.3	37.56	0.6944	1
Story7	27.5	27.5	33	0.6944	1
Story8	23.7	23.7	28.44	0.6944	1
Story9	20	20	24	0.6944	1
Story10	16.5	16.5	19.8	0.6944	1
Story11	13.1	13.1	15.72	0.6944	1
Story12	9.9	9.9	11.88	0.6944	1
Story13	7.1	7.1	8.52	0.6944	1
Story14	4.6	4.6	5.52	0.6944	1
Story15	2.5	2.5	3	0.6944	1
Story16	0.9	0.9	1.08	0.6944	1

Untuk eksentrisitas desain arah sumbu X (e_{dx}) menggunakan amplifikasi faktor A_y karena nilai-nilai amplifikasi melebihi 1 dan perhitungan eksentrisitas desain arah sumbu Y (e_{dy}) menggunakan amplifikasi faktor A_x . Berikut merupakan persamaan eksentrisitas desain yang memberikan pengaruh dominan:

$$E_{dx} = e_{ox} + (0,05 l_x) (A_y)$$

$$E_{dx} = e_{ox} - (0,05 l_x) (A_y)$$

$$E_{dy} = e_{oy} + (0,05 l_y) (A_x)$$

$$E_{dy} = e_{oy} - (0,05 l_y) (A_x)$$

Tabel 4. 26 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah X

Story	e_{ox} (m)	0.05 l_y (m)	A_y	e_{dx}	e_{dx}
Story1	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story2	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story3	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story4	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story5	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story6	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story7	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story8	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story9	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story10	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story11	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story12	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story13	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story14	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story15	0.000	1.35	1	1.35	1.35
Story16	0.000	1.35	1	1.35	1.35

Tabel 4. 27 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah Y

Story	eoy (m)	0.05 lx (m)	Ax	edy	edy
Story1	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story2	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story3	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story4	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story5	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story6	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story7	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story8	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story9	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story10	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story11	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story12	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story13	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story14	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story15	0.000	2.1	1	2.1	2.1
Story16	0.000	2.1	1	2.1	2.1

4.3 Struktur Sekunder

4.3.1 Umum

Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder yang meliputi tangga, pelat lantai dan pelat atap, balok anak, dan balok lift.

4.3.2 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga yang berupa pelat dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes).

1. Data Perencanaan

Mutu Beton (f^c)	: 45 MPa
Mutu baja (f_y)	: 420 MPa
Tinggi antar lantai	: 300 cm
Elevasi bordes	: 150 cm
Panjang bordes	: 288 cm
Lebar bordes	: 104 cm
Tinggi injakan (t)	: 18,75 cm
Lebar injakan (i)	: 27 cm
Jumlah tanjakan (nt)	: $\frac{\text{Elevasi Bordes}}{\text{Tinggi Tanjakan}}$: 8 buah
Jumlah Injakan (ni)	: $nt - 1$: 7 buah
Panjang horizontal pelat tangga	: $i \times ni$: 189 cm
Lebar tangga	: 134 cm
Tebal pelat tangga (tp)	: 17 cm
Tebal pelat bordes	: 17 cm
Kemiringan tangga (α)	

$$\text{arc tan } \alpha = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horizontal pelat tangga}}$$

$$\text{arc tan } \alpha = \frac{150}{189} = 0,794$$

$$\alpha = 38,44^\circ$$

Cek syarat :

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

$$60 \leq (2 \times 15 + 30) \leq 65$$

$$60 \leq 64,5 \leq 65 \quad (\text{OK})$$

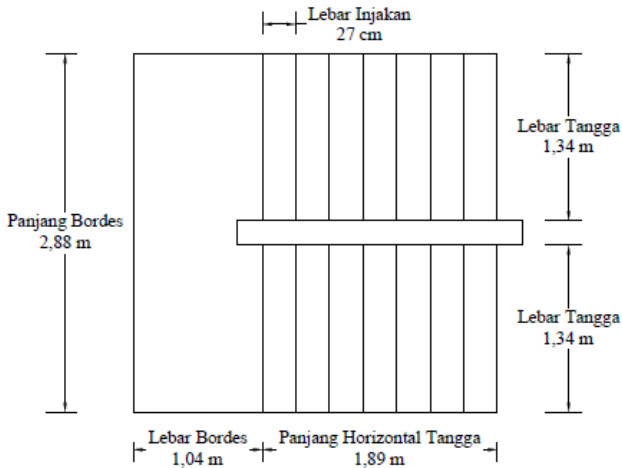
b. $25 \leq \alpha \leq 40$

$$25 \leq 38,44 \leq 40$$

$$25 \leq 38,44 \leq 40 \quad (\text{OK})$$

Tebal pelat rata-rata anak tangga	: $(i/2) \sin \alpha$
	: $(27/2) \sin 38,44$
	: 8,39 cm

Tebal pelat rata-rata	: $tp + tr = 17 + 8,39$
-----------------------	-------------------------

: 25,39 cm \approx 26 cm

Gambar 4. 7 Perencanaan Tangga Tampak Atas

2. Pembebanan Tangga dan Bordes

a. Pembebanan Tangga

• Beban Mati

$$\text{Pelat tangga} : \frac{0,26 \times 2400 \times 1,34}{\cos 38,44} = 1067,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel vertikal} : 24 \times 1,34 = 32,16 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel horizontal} : 24 \times 1,34 = 32,16 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi vertikal} : 42 \times 1,34 = 56,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi horizontal} : 42 \times 1,34 = 56,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Railing} : = 50 \text{ kg/m}$$

$$qD : = 1294,38 \text{ kg/m}$$

• Beban Hidup

$$\text{Tangga} : 479 \times 1,34 = 641,86 \text{ kg/m}$$

$$qL : = 641,86 \text{ kg/m}$$

• Kombinasi Beban

$$Q_u : 1,2D + 1,6L$$

$$: 1,2(1294,38) + 1,6(641,86)$$

$$: 2580,23 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan Bordes

- **Beban Mati**

Pelat Bordes	: $0,17 \times 2400 \times 2,88/2$	= 587,52 kg/m
Tegel	: $24 \times 1,44$	= 34,56 kg/m,
Spesi 2cm	: $42 \times 1,44$	= 60,48 kg/m
Railing	:	= 50 kg/m
qD	:	= 732,56 kg/m
- **Beban Hidup**

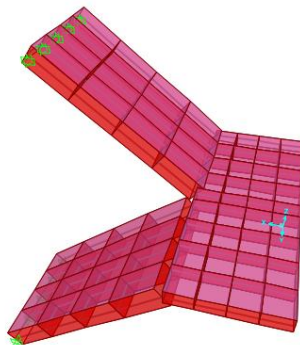
Bordes	: $479 \times 1,44$	= 689,76 kg/m
qL	:	= 689,76 kg/m
- **Kombinasi Beban**

Qu	: $1,2D + 1,6L$	
	: $1,2(732,56) + 1,6(689,76)$	
	: 1982,688 kg/m	

3. Perhitungan Gaya Dalam

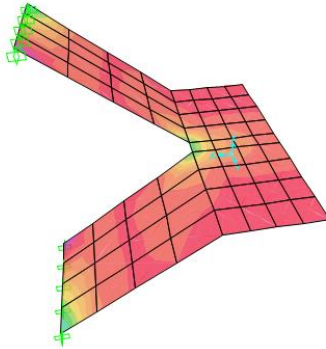
Untuk memperoleh besarnya gaya dalam pada pelat tangga dan bordes untuk desain tulangan, maka dilakukan permodelan tangga menggunakan SAP2000. Dengan dimodelkan struktur tangga secara *freestanding* dengan tumpuan jepit-jepit.

Berikut adalah permodelan struktur tangga pada SAP2000 dengan tumpuan jepit-jepit:



Gambar 4. 8 Pemodelan Tangga pada SAP2000

Berikut adalah hasil analisa struktur tangga menggunakan SAP2000. Output gaya dalam yang digunakan dalam desain tulangan adalah momen lentur dengan menggunakan *sectioncut* pada SAP2000.



Gambar 4. 9 Output Gaya Dalam Perencanaan Tangga

Tabel 4. 28 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Secton Cut

TABLE: Section Cut Forces - Design									
Lokasi	SectionCut	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
Pelat Tangga	SCUT1	1.2D+1.6L	Combination	-374.41	423.43	186.33	-204.7	-430.68	2302.46
	SCUT2	1.2D+1.6L	Combination	-793.91	-149.37	1045.67	-260.61	-471.1	3466.43
	SCUT3	1.2D+1.6L	Combination	-52.03	283.14	1902.47	-103.85	-385.38	3753.86
	SCUT4	1.2D+1.6L	Combination	939.38	1797.62	2268.34	62.55	-301.88	2597.96
	SCUT5	1.2D+1.6L	Combination	939.38	-483.61	-2268.34	-319.56	616.57	-2597.96
	SCUT6	1.2D+1.6L	Combination	-52.03	1030.87	-1902.47	21.4	367.95	-3753.86
	SCUT7	1.2D+1.6L	Combination	-793.91	1463.38	-1045.67	9.52	205.14	-3466.43
	SCUT8	1.2D+1.6L	Combination	-374.41	890.58	-186.33	-126.45	305.25	-2302.46
Pelat Bordes	SCUT9	1.2D+1.6L	Combination	-1126.46	176.44	-286.59	-2.82	-163.95	49.8
	SCUT10	1.2D+1.6L	Combination	-1515.06	-322.03	-797.08	36.59	-84.62	-82.83
	SCUT11	1.2D+1.6L	Combination	-839.95	-681.76	-1322.4	217.32	121.26	-241.77
	SCUT12	1.2D+1.6L	Combination	1755.5	-971.34	-1456.21	564.5	340.39	-534.66
	SCUT13	1.2D+1.6L	Combination	6138.77	166.03	-2.9E-10	1173.63	613.88	-1.2E-10
	SCUT14	1.2D+1.6L	Combination	1755.5	1527.54	1456.21	983.06	247.7	534.66
	SCUT15	1.2D+1.6L	Combination	-839.95	1237.96	1322.4	538.88	-402.64	241.77
	SCUT16	1.2D+1.6L	Combination	-1515.06	878.23	797.08	237.64	-422.92	82.83
	SCUT17	1.2D+1.6L	Combination	-1126.46	379.76	286.59	31.23	-213.41	-49.8

4. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

Data-data perencanaan :

Mutu beton ($f'c$) : 45 MPaMutu baja (f_y) : 420 MPa

D tulangan lentur : 16 mm

As (D16) : 201,062 mm²

Ø tulangan susut : 10 mm

Tebal pelat tangga : 17 cm

Tebal selimut beton : 20 mm

 $dx = t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D/2) : 170 - 20 - 8 = 142 \text{ mm}$

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

$$: 0,85 - 0,05 \frac{(45 - 28)}{7} \geq 0,65$$

$$: 0,728 \geq 0,65$$

$$\rho_b : 0,85 \times \frac{\beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$: 0,85 \times \frac{0,728 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$: 0,039$$

$$\rho_{\text{min}} : 0,0018$$

$$\rho_{\text{max}} : 0,75 \times \rho_b = 0,0293$$

$$m : \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$$

• Penulangan Utama

$$Mu = 3753,86 \text{ kgm} = 37538600 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{37538600}{0,9 \times 1000 \times 142^2} = 2,068$$

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

$$= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 2,068}{420}} \right)$$

$$= 0,0051$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}} = 0,0018 < 0,0051 < 0,0293$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0051$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0051 \times 1000 \times 142$$

$$= 719,363 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan :

$$S_{\text{max}} \leq 2 \times t_{\text{pelat}} = 2 \times 170 = 340 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 201,062}{719,363} = 279,499 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 270 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-270 mm

- Penulangan Bagi

Tulangan bagi menggunakan $\rho_{\text{min}} = 0,0018$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times (170 - 20 - 16 - 5)$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 129$$

$$= 232,2 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset \text{ tulangan susut} = 10 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 0,25 \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,539 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan :

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

$$S_{\text{perlu}} = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 78,539}{232,2} = 338,242 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 325 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan Tulangan Susut D10-325 mm

- Penulangan Geser

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{45} \times 1000 \times 142$$

$$= 161936,043 \text{ N}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 0,5 \times 0,75 \times 161936,043$$

$$= 60726,016 \text{ N}$$

$$V_u = 22683,4 \text{ N}$$

$V_u \leq 0,5 \emptyset V_c$ maka tidak perlu tulangan geser.

- Penulangan Susut

Tulangan susut menggunakan $\rho_{\min} = 0,0018$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 142$$

$$= 255,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ø tulangan susut} = 10 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 0,25 \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,539 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan :

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

$$S_{\text{perlu}} = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 78,539}{255,6} = 307,276 \text{ mm}$$

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

Sehingga digunakan Tulangan Susut D10-300 mm

5. Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

- Penulangan Utama

$$M_u = 613,88 \text{ kgm} = 6138800 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{6138800}{0,9 \times 1000 \times 142^2} = 0,3383$$

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

$$= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,3383}{420}} \right)$$

$$= 0,0008$$

$$\rho < \rho_{\min} = 0,0008 < 0,0018$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 142$$

$$= 255,6 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan :

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

$$S_{\text{perlu}} = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 201,062}{255,6} = 786,63 \text{ mm}$$

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

Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-450 mm

- Penulangan Bagi

Tulangan bagi menggunakan $\rho_{\min} = 0,0018$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times (170-20-16-5)$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 129$$

$$= 232,2 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset \text{ tulangan susut} = 10 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 0,25 \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,539 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan :

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

$$S_{\text{perlu}} = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 78,539}{232,2} = 338,242 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 325 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan Tulangan Susut D10-325 mm

- Penulangan Geser

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{45} \times 1000 \times 142$$

$$= 161936,043 \text{ N}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 0,5 \times 0,75 \times 161936,043$$

$$= 60726,016 \text{ N}$$

$$V_u = 15275,4 \text{ N}$$

$V_u \leq 0,5 \emptyset V_c$ maka tidak perlu tulangan geser.

- Penulangan Susut

Tulangan susut menggunakan $\rho_{\min} = 0,0018$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 142$$

$$= 255,6 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{\O}tulangan susut &= 10 \text{ mm} \\ \text{Ast} &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,539 \text{ mm}^2 \\ \text{Spasi tulangan} &: \\ \text{S max} &\leq 2 \times t_{\text{pelat}} = 2 \times 170 = 340 \text{ mm} \\ \text{S perlu} &= \frac{b \times \text{Ast}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 78,539}{255,6} = 307,276 \text{ mm} \\ \text{S pakai} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Sehingga digunakan Tulangan Susut} &\text{ D10-300 mm} \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga :

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Bagi	Susut
Pelat Tangga	D16-270	D10-325	D10-300
Pelat Bordes	D16-450	D10-325	D10-300

4.3.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan tebal 18 cm dengan perincian tebal pelat pracetak (half slab) 12 cm dan pelat cor ditempat (overtopping) 6 cm. Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu:

1. Saat pengangkatan, keadaan ini terjadi pada saat instalasi pelat half slab, dimana terjadi pengangkatan pelat ke tempat yang direncanakan. Pada saat pengangkatan, pelat dibagi dalam beberapa segmen. Pengangkatan direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar 30 MPa.
2. 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.
3. 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

Permodelan pelat utama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat. Pelat pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan tulangan lapangan saja. Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan yang direncanakan. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

1. Data Perencanaan

Data perencanaan yang akan digunakan untuk perhitungan pelat Half Slab type 1 sebagai berikut :

Tebal pelat full slab	: 18 cm
Tebal pelat half slab	: 12 cm
Mutu beton 28 hari	: 45 MPa
Mutu beton 7 hari	: 30 MPa
Mutu baja	: 420 MPa
Tebal selimut beton	: 40 mm
Diameter tulangan	: 10 mm
Panjang pelat	: 8,5 m
Lebar pelat	: 3,3 m
L_n	: 797,5 mm
S_n	: 280 mm
β	: 2,848

2. Pembebanan Pelat Atap

- Sebelum komposit

Beban Mati (DL)

Berat sendiri pelat = $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$

Overtopping = $0,06 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 qD &= 432 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban Hidup (LL)} &= \\
 qL &= 100 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Kombinasi Pembebanan} \\
 Q &= 1,2D+1,6L \\
 &= 1,2 \times 432 + 1,6 \times 100 \\
 &= 678,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Setelah komposit
 - Beban Mati (DL)
 - Berat sendiri pelat $= 0,18 \times 2400 = 432 \text{ kg/m}^2$
 - P plafon+penggantung $= 18 \text{ kg/m}^2$
 - Ducting+Plumbing $= 30 \text{ kg/m}^2$
 - Spesi (2 cm) $= 42 \text{ kg/m}^2$
 - Aspal (1 cm) $= 14 \text{ kg/m}^2$
 - $qD = 536 \text{ kg/m}^2$
 - Beban Hidup (LL) $=$
 - Pelat Atap $= 96 \text{ kg/m}^2$
 - $qL = 96 \text{ kg/m}^2$
 - Kombinasi Pembebanan
 - $Q = 1,2D+1,6L$
 - $= (1,2 \times 536) + (1,6 \times 96)$
 - $= 796,8 \text{ kg/m}^2$

3. Pembebanan Pelat Lantai

- Sebelum komposit
 - Beban Mati (DL)
 - Berat sendiri pelat $= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
 - Overtopping $= 0,06 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}^2$
 - $qD = 432 \text{ kg/m}^2$
 - Beban Hidup (LL) $=$
 - $qL = 100 \text{ kg/m}^2$
 - Kombinasi Pembebanan
 - $Q = 1,2D+1,6L$
 - $= 1,2 \times 432 + 1,6 \times 100$
 - $= 678,4 \text{ kg/m}^2$

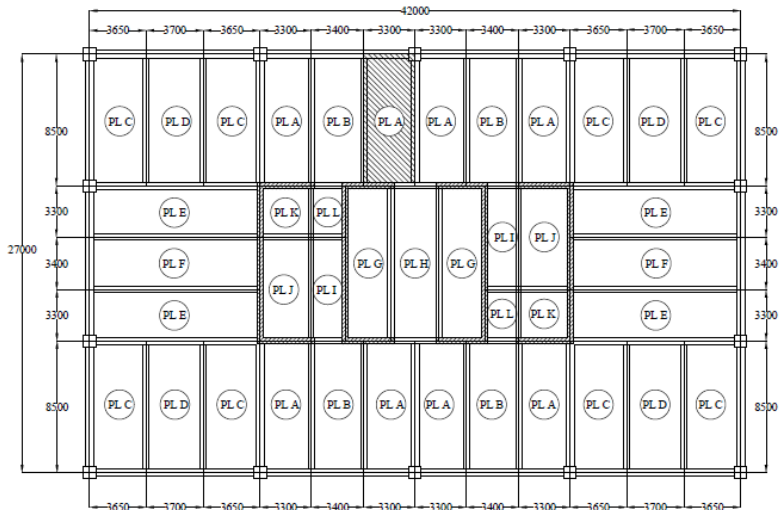
- Setelah komposit

Beban Mati (DL)	
Berat sendiri pelat	= $0,18 \times 2400 = 432 \text{ kg/m}^2$
Plafon+penggantung	= 18 kg/m^2
Ducting+Plumbing	= 30 kg/m^2
Spesi (2 cm)	= 42 kg/m^2
Tegel	= 24 kg/m^2
qD	= 546 kg/m^2
Beban Hidup (LL)	=
Pelat Lantai Kantor	= 240 kg/m^2
qL	= 240 kg/m^2
Kombinasi Pembebanan	
Q	= $1,2D+1,6L$
	= $1,2 \times 546 + 1,6 \times 240$
	= $1039,2 \text{ kg/m}^2$

4. Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua adalah penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua keadaan tersebut. Semua tipe pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan.

Berikut ini merupakan contoh penulangan pada pelat lantai tipe A dengan dimensi total adalah $8,5 \times 3,3 \text{ m}$ dan pengerjaan dilakukan secara parsial dengan dimensi $3,3 \times 1,417 \text{ m}$.



Gambar 4. 10 Denah Pelat Tipe A

- a. Menentukan data perencanaan untuk penulangan pelat 1 :

Dimensi pelat : 850 cm × 330 cm

Dimensi pelat parsial : 330 cm x 142 cm
(Tinjau)

Tebal pelat pracetak : 120 mm (sebelum komposit)

Tebal *overtopping* : 60 mm

Tebal selimut beton : 40 mm

Diameter tulangan rencana : 10 mm

Mutu tulangan baja (f_y) : 420 MPa

Mutu beton (f'_c) : 45 Mpa

- Kondisi sebelum komposit:

$$dx = 120 - 40 - \frac{10}{2} = 75 \text{ mm}$$

$$dy = 120 - 40 - 10 - \frac{10}{2} = 65 \text{ mm}$$

- Kondisi setelah komposit

$$dx = 180 - 40 - \frac{10}{2} = 135 \text{ mm}$$

$$dy = 180 - 40 - 10 - \frac{10}{2} = 125 \text{ mm}$$

- Untuk mutu beton $f'_c = 45 \text{ MPa}$ berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

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

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(45 - 28)}{7} = 0,7286 \geq 0,65$$

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

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

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1 didapat $\emptyset = 0,9$

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

- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$

$$Ly = 330 \text{ cm}$$

$$Lx = 142 \text{ cm}$$

- $\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{330}{142} = 2,32 \geq 2$ (pelat satu arah)

Pada penulangan pelat satu arah hanya terdapat satu tulangan utama berupa tulangan lentur yaitu searah melintang pelat. Sedangkan tulangan yang terdapat pada arah memanjang pelat merupakan tulangan pembagi yang berfungsi untuk menahan susut dan suhu.

Penulangan pokok pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan tulangan tarik berada di atas sedangkan pada daerah lapangan tulangan tariknya berada di bawah. Tulangan lapangan dan tulangan tumpuan baik tulangan pokok maupun tulangan bagi direncanakan menggunakan tulangan D10 mm ($As = 78,54 \text{ mm}^2$).

b. Perhitungan Penulangan Pelat Sebelum Komposit

Penulangan Pelat tipe 1 sebelum komposit diasumsikan sebagai pelat dengan perletakan bebas di atas dua tumpuan. Pada pelat satu arah penulangan lentur hanya pada arah X (arah melintang pelat) sedangkan pada arah Y (arah memanjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

- Penulangan arah X

$$\begin{aligned} \text{Mulx}^{(+)} &= \text{Mutx}^{(-)} = \text{Mu} = 1/8 \times \text{Qu} \times \text{Ly}^2 \\ &= 1/8 \times 678,4 \times 3,3^2 \\ &= 923,47 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mu}}{\phi \times b \times d^2} = \frac{923470}{0,9 \times 1000 \times 75^2} = 1,82$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times \text{Rn}}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 1,82}{420}} \right) \\ &= 0,0045 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0045$$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0045 \times 1000 \times 75 = 333,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D10)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{n tulangan} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{333,9}{78,54} = 4,25 \approx 5 \text{ buah tulangan}$$

$$\text{Jarak tulangan (S}_{\text{rencana}}) = \frac{1000 \times 78,57}{333,9} = 235,22 \text{ mm}$$

$$\text{Dimana } S_{\text{maks}} = 3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$\text{Maka diambil } S_{\text{pakai}} = 225 \text{ mm sehingga,}$$

$$\text{As pakai} = \text{jumlah tulangan/meter} \times A_{D10}$$

$$= 5 \times 78,54 \text{ mm}^2$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2 > \text{As perlu (OK)}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10-225 mm.

- Penulangan arah Y

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,0018$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \times b \times d_y \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 65 = 117 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan maksimum,

$$S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$$

$$S \leq 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

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

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ D10}}} = \frac{117}{78,54} = 1,48 \approx 2$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = \frac{1000 \times 78,57}{117} = 671,3 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 360 \text{ mm}$$

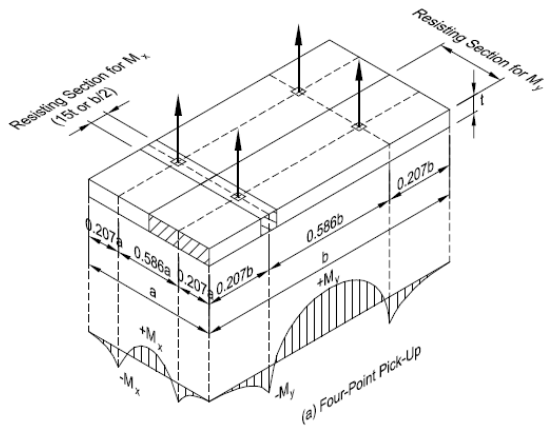
Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 350 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \text{jumlah tulangan/meter} \times A_{\text{D10}} \\ &= 2 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 157,079 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-350 mm.

c. Perhitungan Penulangan Pelat saat Pengangkatan

Dalam pemasangan pelat pracetak, perlu diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan elemen (*erection*). Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan referensi *PCI Design Handbook* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 di mana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu:



Gambar 4. 11 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
(Sumber: *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*)

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

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

Pada pelat tipe (parsial) A: $330 \times 141,7 \text{ cm}^2$ ($L_x = 141,7 \text{ cm}$,
 $L_y = 330 \text{ cm}$).

Ditentukan $a = 1,42 \text{ m}$ dan $b = 3,3 \text{ m}$

Dengan $w = (0,12 \times 2400) = 288 \text{ kg/m}^2$

Maka:

$$M_x = 0,0107 \times 288 \times 1,42^2 \times 3,3 = 20,409 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,0107 \times 288 \times 1,42 \times 3,3^2 = 47,541 \text{ kg.m}$$

Pada saat pengangkatan, mutu beton yang digunakan adalah pada saat berumur 7 hari atau $0,65 \times f^c$ yaitu 30 MPa .

- **Penulangan arah X (tulangan utama)**

$$M_u = 20,409 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{20,409}{0,9} = 22,677 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 22676,9 \text{ kg.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{22676,9}{1000 \times 75^2} = 0,04 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

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

$$= \frac{1}{16,471} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,471 \times 0,04}{420}} \right) = 0,000096$$

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

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 75 = 135 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan maksimum:

$$S_1 \leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:}$$

$$\leq 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$S_2 \leq 450 \text{ mm}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{135}{78,54} = 1,7188 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = \frac{1000 \times 78,57}{135} = 581,8 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 360 \text{ mm}$$

dan 450 mm

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 350 \text{ mm}$ sehingga didapatkan jumlah tulangan (n) pakai: $= \frac{1000}{350} = 2,857 \approx 3 \text{ buah}$

Jarak tulangan (s) = 350 mm

$$A_{s \text{ pasang}} = \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{D10}$$

$$= 3 \times 78,54 \text{ mm}^2$$

$$= 235,619 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots \dots \text{ (OK)}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10-350 mm.

- **Penulangan arah Y (tulangan bagi)**

$$M_u = 47,541 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{47,541}{0,9} = 52,824 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 52824 \text{ kg.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{52824}{1000 \times 65^2} = 0,125 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

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

$$= \frac{1}{16,471} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,471 \times 0,125}{420}} \right) = 0,0003$$

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

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 65 = 117 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan maksimum:

$$S_1 \leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:}$$

$$\leq 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$S_2 \leq 450 \text{ mm}$$

$$n \text{ tulangan, } = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{117}{78,54} = 1,489 \approx 2 \text{ buah}$$

Jarak tulangan, $S = \frac{1000 \times 78,57}{135} = 671,3 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 360 \text{ mm}$
dan 450 mm

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 350 \text{ mm}$ sehingga didapatkan jumlah tulangan (n) pakai: $= \frac{1000}{350} = 2,857 \approx 3 \text{ buah}$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = 350 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{D_{10}}$$

$$= 3 \times 78,54 \text{ mm}^2$$

$$= 235,619 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots\dots \text{ OK}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10-350 mm.

d. Perhitungan Penulangan Pelat Setelah Komposit

$$Q_u = 1039,2 \text{ kg/m}$$

$$d_x = 135 \text{ mm}$$

$$d_y = 125 \text{ mm}$$

Pada pelat satu arah penulangan lentur hanya pada arah X (arah melintang pelat) sedangkan pada arah Y (arah memanjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

- **Penulangan arah X (tulangan utama)**

$$\begin{aligned} \text{Mulx}^{(+)} &= \text{Mutx}^{(-)} = \text{Mu} = 1/8 \times \text{Qu} \times \text{Ly}^2 \\ &= 1/8 \times 1039,2 \times 3,3^2 \\ &= 1414,611 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{1414,611}{0,9} = 1571,79 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mn} = 1571790 \text{ kg.mm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \times d^2} = \frac{1571790}{1000 \times 135^2} = 0,86 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times \text{Rn}}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,86}{420}} \right) = 0,00207 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan maksimum,

$$\begin{aligned} S_1 &\leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 3 \times 180 = 540 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_2 \leq 450 \text{ mm}$$

$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,0018$ dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,00207$ sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\text{As}_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,00207 \times 1000 \times 135 = 280,409 \text{ mm}^2$$

$$\text{n tulangan} = \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{As tulangan}} = \frac{280,409}{78,54} = 3,57 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = \frac{1000 \times 78,57}{280,409} = 280,09 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 450$$

mm dan 540 mm

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times \text{A D}_{10} \\ &= 4 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 314,16 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \dots \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur arah X D10-275 mm.

- **Penulangan arah Y (tulangan bagi)**

Pada saat melakukan pengecoran *overtopping* pada lantai tersebut digunakan tulangan susut arah memanjang dan melintang pelat. penulangan ini dipasang untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,0018$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \times b \times d_y \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 125 = 225 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan maksimum,

$$S_1 \leq 5 \times \text{tebal pelat, maka:}$$

$$\leq 5 \times 180 = 900 \text{ mm}$$

$$S_2 \leq 450 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s \text{ D10}} = \frac{225}{78,54} = 2,864 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = \frac{1000 \times 78,57}{135} = 349,07 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 450$$

mm dan 900 mm

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 325$ mm sehingga didapatkan jumlah tulangan (n) pakai: $= \frac{1000}{325} = 3,076 \approx 4$ buah

Maka digunakan tulangan susut D10-325 mm.

e. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan 12.5.2.

$$l_{dh1} \geq 8 D_b = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} \geq 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh3} \geq \frac{0,24 \times f_y \times \sqrt{f'_c}}{d_b} = \frac{0,24 \times 420 \times \sqrt{45}}{10} = 55,21 \text{ mm}$$

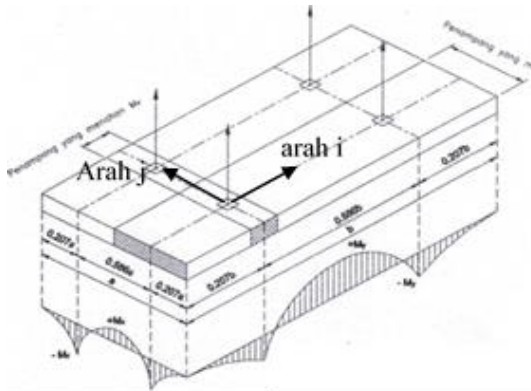
Maka dipakai panjang penyaluran terbesar yaitu 150 mm.

f. Pengangkatan Pelat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk

pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe 1 dengan dimensi 330 cm x 142 cm dengan empat titik pengangkatan (*four point pick up*).

1. Perhitungan Tulangan Angkat Pelat



Gambar 4. 12 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
(Sumber: *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*)

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 75 cm
- Pada perhitungan beban *ultimate* ditambahkan koefisien kejut ($k = 1,2$) pada saat pengangkatan.
- $DL = 0,12 \times 3,3 \times 1,42 \times 2400 = 1349,6$ kg

Pengangkatan Pelat tipe A

Dalam hal ini dianggap ada 2 orang pekerja yang ikut serta diatas pelat untuk mengatur dan mengarahkan posisi pelat, maka $LL = 200$ kg.

$$\text{Beban } \textit{ultimate} = (1,2 \times 1,2 \times 1349,6) + (1,2 \times 1,6 \times 200)$$

$$Q_u = 2327,4 \text{ kg}$$

Gaya angkat (Tu) setiap tulangan

$$T_u = \frac{2327,4}{4} = 581,84 \text{ kg}$$

Tegangan tarik izin baja:

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{4200}{1,5} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka diameter tulangan angkat} = \sqrt{\frac{4 \times 581,84}{\pi \times 2800}} = 5,14 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan angkat Ø8 mm

2. Kontrol Tulangan Angkat

$$f_{\text{pelat}} < f_{\text{cr}}$$

f_{cr} untuk beton 28 hari adalah

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} = 0,7 \times \sqrt{45} = 4,6957 \text{ Mpa}$$

$$y_c = 0,5 \times 0,12 = 0,06 \text{ m}$$

Berdasarkan *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, Sixth Edition*, momen maksimum diperhitungkan

Berdasarkan gambar di atas:

- Arah i sama dengan arah y
- Arah j sama dengan arah x

$$w = (t_{\text{pelat}} \times 2400 \text{ kg/m}^3) + \left(\frac{W_{\text{pekerja}}}{A_{\text{pelat}}} \right)$$

$$w = (0,12 \times 2400) + \left(\frac{200}{3,3 \times 1,42} \right) = 330,7 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} + M_x &= - M_x = 0,0107 \times w \times a^2 \times b \\ &= 0,0107 \times 330,7 \times 1,42^2 \times 3,3 \\ &= 23,544 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + M_y &= - M_y = 0,0107 \times w \times a \times b^2 \\ &= 0,0107 \times 330,7 \times 1,42 \times 3,3^2 \\ &= 54,715 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Beban ultimate} = (1,2 \times 1,2 \times 1349,6) + (1,2 \times 1,6 \times 200)$$

$$Q_u = 2327,4 \text{ kg}$$

$$P = \frac{2327,4}{4} = 581,84 \text{ kg}$$

$$M_y = \left(\frac{P \times y c}{t g 45} \right) = \left(\frac{581,84 \times 0,06}{t g 45} \right) = 34,911 \text{ kg.m}$$

$$M_{tot} = 54,715 + 34,911 = 89,626 \text{ kg.m} = 89626 \text{ kg.mm}$$

- My ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 142/2 = 71 \text{ cm}$

$$Z = \frac{1}{6} \times 71 \times 12^2 = 1704 \text{ cm}^3 = 1704000 \text{ mm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{89626}{1704000} = 0,525 \text{ MPa} < f_r \dots\dots\dots(\text{OK})$$

- Mx ditahan oleh penampang selebar 15t pelat pracetak = 180 cm atau $b/2 = 330/2 = 165 \text{ cm}$

Ambil terkecil = 165 cm

$$M_x = \left(\frac{P \times y c}{t g 45} \right) = \left(\frac{581,84 \times 0,06}{t g 45} \right) = 34,911 \text{ kgm}$$

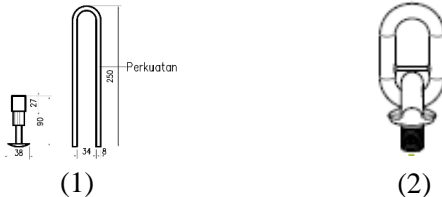
$$M_{tot} = 54,715 + 34,911 = 89,626 \text{ kg.m} = 89626 \text{ kg.mm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 165 \times 12^2 = 3960 \text{ cm}^3 = 3960000 \text{ mm}^3$$

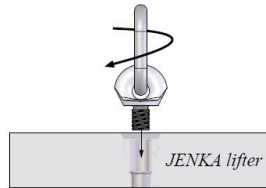
$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{89626}{3960000} = 0,226 \text{ MPa} < f_r \dots\dots\dots(\text{OK})$$

3. Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *JENKA Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *JENKA BSA Short Insert* dengan kait *JL*. Di satu titik angkat profil ini dapat mengangkan beban sebesar 16 kN dengan sudut 0°-90°.



Gambar 4. 13 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL



Gambar 4. 14 JENKA Lifter

g. Kontrol Lendutan Pelat

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

- Data Perencanaan

$$h \quad : 180 \text{ mm}$$

$$b \quad : 1420 \text{ mm}$$

$$y_t \quad : \frac{h}{2} = \frac{180}{2} = 90 \text{ mm}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati Saja

$$q \text{ pelat} \quad : 546 \times 1,42 = 775,3 \text{ kg/m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 1420 \times 180^3 = 690120000 \text{ mm}^4$$

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

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_c} = 0,62 \sqrt{45} = 4,159 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t} = \frac{4,159 \times 690120000}{90 \times 10^6} = 31,89 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{\frac{1}{8} \times 775,3 \times 3,3^2}{100} = 10,554 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

$$31,89 \text{ kNm} > 10,554 \text{ kNm} \rightarrow \text{tidak perlu transformasi}$$

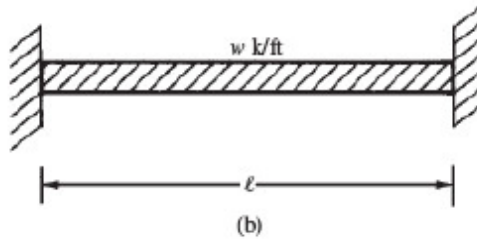
Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g = 690120000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{45} = 31528,558 \text{ MPa}$$

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



Gambar 4. 15 Defleksi pada Pelat

$$\delta_D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e}$$

$$\delta_D = \frac{5 \times 7,753 \times 3300^4}{384 \times 31528,558 \times 690120000}$$

$$\delta_D = 0,55 \text{ mm}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati dan Hidup

$$q \text{ pelat} : 786 \times 1,42 = 1116,12 \text{ kg/m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 1420 \times 180^3 = 690120000 \text{ mm}^4$$

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

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_c} = 0,62 \sqrt{45} = 4,159 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t} = \frac{4,159 \times 690120000}{90 \times 10^6} = 31,89 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{1}{8} \times \frac{1116,12 \times 3,3^2}{100} = 15,193 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

$$31,89 \text{ kNm} > 15,193 \text{ kNm} \rightarrow \text{tidak perlu transformasi}$$

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g = 690120000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{c'}} = 4700\sqrt{45} = 31528,558 \text{ MPa}$$

$$\delta_{D+L} = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e}$$

$$\delta_{D+L} = \frac{5 \times 11,16 \times 3300^4}{384 \times 31528,558 \times 690120000}$$

$$\delta_{D+L} = 0,792 \text{ mm}$$

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 :

$$\delta_L = \delta_{D+L} - \delta_D$$

$$\delta_L = 0,792 \text{ mm} - 0,55 \text{ mm}$$

$$\delta_L = 0,242 \text{ mm}$$

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

Tabel 4. 30 Faktor Lendutan Jangka Panjang

Durasi Beban	Faktor tergantung waktu (ξ)
5 tahun atau lebih	2,0
12 bulan	1,4
6 bulan	1,2
3 bulan	1,0

Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

$$\delta_L(\text{long term}) = \delta_L(\text{short term}) \times \xi$$

$$\delta_L(\text{long term}) = 0,242 \text{ mm} \times 2$$

$$\delta_L(\text{long term}) = 0,484 \text{ mm}$$

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

Tabel 4. 31 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	$l/180^a$
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 jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) ¹	$l/480^{\pm}$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) ¹	$l/240^{\S}$
<p>^aBatasan 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, tawar lendut (camber), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase.</p> <p>[±]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>[§]Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan.</p> <p>[§]Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktur. Batasan ini boleh dilampaui bila ada tawar lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi tawar lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.</p>		

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = \frac{1}{480} = \frac{3300}{480} = 6,875 \text{ mm}$$

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

$$6,875 \text{ mm} > 0,484 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Pelat	Penulangan										Tegangan Saat		Lendutan	
	Sebelum Komposit		Penggangkatan		Sesudah Komposit		Tulangan Pakai		Tulangan Angkat	S _{pekat} (Mpa)	S _{izin} (Mpa)	Lendutan (mm)	Lendutan I _{zin} (mm)	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y						
PL A	D10-225	D10-350	D10-350	D10-350	D10-275	D10-325	D10-225	D10-325	D8	0.2797	3.1305	1.3423	6.875	
PL B	D10-225	D10-350	D10-350	D10-350	D10-250	D10-325	D10-225	D10-325	D8	0.2969	3.1305	1.5126	7.083	
PL C	D10-200	D10-350	D10-350	D10-350	D10-225	D10-325	D10-200	D10-325	D8	0.3421	3.1305	2.0090	7.604	
PL D	D10-200	D10-350	D10-350	D10-350	D10-200	D10-325	D10-200	D10-325	D8	0.3516	3.1305	2.1213	7.708	
PL E	D10-250	D10-350	D10-350	D10-350	D10-275	D10-325	D10-250	D10-325	D8	0.2797	3.1305	1.3423	6.875	
PL F	D10-225	D10-350	D10-350	D10-350	D10-250	D10-325	D10-225	D10-325	D8	0.2969	3.1305	1.5126	7.083	
PL G	D10-325	D10-350	D10-350	D10-350	D10-300	D10-325	D10-300	D10-325	D8	0.2235	3.1305	0.8572	6.146	
PL H	D10-300	D10-350	D10-350	D10-350	D10-300	D10-325	D10-300	D10-325	D8	0.2468	3.1305	1.0453	6.458	
PL I	D10-350	D10-350	D10-350	D10-350	D10-300	D10-325	D10-300	D10-325	D8	0.1243	3.1305	0.2652	4.583	
PL J	D10-250	D10-350	D10-350	D10-350	D10-275	D10-325	D10-250	D10-325	D8	0.2797	3.1305	1.3423	6.875	
PL K	D10-250	D10-350	D10-350	D10-350	D10-275	D10-325	D10-250	D10-325	D8	0.2797	3.1305	1.3423	6.875	
PL L	D10-350	D10-350	D10-350	D10-350	D10-300	D10-325	D10-300	D10-325	D8	0.1243	3.1305	0.2652	4.5833	

4.3.4 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.

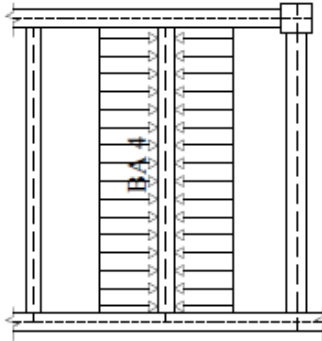
1. Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

Dalam perhitungan balok anak, akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi. Kondisi tersebut antara lain perhitungan sebelum komposit, saat pengangkatan, dan sesudah komposit. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit. Contoh perhitungan pada balok anak BA4:

Dimensi halfbeam	: 40 x 37 cm
Dimensi komposit	: 40 x 55 cm
Tebal overtopping	: 18 cm
Mutu beton (f^c)	: 45 MPa
Mutu baja (f_y)	: 420 MPa
Panjang balok (L)	: 8,5 m
Tulangan lentur (D)	: 25 mm
Tulangan sengkang (\emptyset)	: 10 mm
Selimut beton (Cc)	: 50 mm

2. Pembebanan Balok Anak Pracetak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok 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 4.16 berikut:



Gambar 4. 16 Distribusi Beban pada Balok Anak

- 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

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &: \gamma_{\text{beton}} \times b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \\ &: 2400 \times 0,4 \times 0,37 \\ &: 355,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat overtopping} &: \gamma_{\text{beton}} \times b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \\ &: 2400 \times 0,40 \times 0,18 \\ &: 172,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &: \gamma_{\text{beton}} \times t_{\text{overtopping}} \times L_{\text{pelat}}/P \\ &: 2400 \times 0,18 \times 31,2375/8 \\ &: 1686,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qD &: 355,2 + 172,8 + 1686,8 \\ &: 2214,825 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi beban (qU)} &: 1,4 qD = 1,4 \times 2214,825 \\ &: 3100,755 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Pembebanan saat pengangkatan

Beban mati

$$\text{Berat sendiri balok} : \gamma_{\text{beton}} \times b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}}$$

$$\begin{aligned}
 & : 2400 \times 0,40 \times 0,37 \\
 & : 355,2 \text{ kg/m} \\
 qD & : 355,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Kombinasi beban (qU)} & : 1,4 qD = 1,4 \times 355,2 \\
 & : 497,28 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{420} = 0,003993$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 28}{7} \right) \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{45 - 28}{7} \right) = 0,72857$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran$$

B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,7286 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,039$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B.10.3.3)}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,039 = 0,0293$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$$

a. Perhitungan tulangan lentur sebelum komposit

$$dx = h - C_c - \emptyset - 0,5D$$

$$dx = 370 - 50 - 10 - 0,5 \times 25 = 297,5 \text{ mm}$$

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.

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

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3100,755 \times 8,5^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 28003,69 \text{ kgm}$$

- Tulangan negatif di tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga p_{min} pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00399 \times 400 \times 297,5 = 475,1644 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{475,1644}{490,874} = 0,9679 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS(D25) = 2 \times 490,874 = 981,7477 \text{ mm}^2$$

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 p_{min} pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00399 \times 400 \times 297,5 = 475,1644 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{475,1644}{490,874} = 0,9679 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400-2 \times 25-2 \times 50-2 \times 10}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$\text{As pakai} = n \times \text{AS (D25)} = 2 \times 490,874 = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur negatif tumpuan 2D25

- Tulangan positif di lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times x^2} = \frac{28003,689 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 297,5^2} = 8,789 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 8,789}{420}} \right) = 0,02412$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, 0,00399 < 0,02412 < 0,025$$

$$\text{ASperlu} = \rho \times b_w \times d$$

$$\text{ASperlu} = 0,0241 \times 400 \times 297,5 = 2870,315 \text{ mm}^2$$

$$\text{AS(D25)} = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{\text{AS perlu}}{\text{AS (D25)}} = \frac{2870,315}{490,874} = 5,84 \approx 6 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 6 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{6 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 26 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan tulangan lentur positif lapangan 6D25

- Tulangan negatif di lapangan

$$M_u = 0,33 \times M_u \text{ positif lapangan}$$

$$= 9241,219 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times x^2} = \frac{9241,219 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 297,5^2} = 2,9 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 2,9}{420}} \right) = 0,0072$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, 0,00399 < 0,0072 < 0,025$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0072 \times 400 \times 297,5 = 855,54 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{855,54}{490,874} = 1,742 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan tulangan lentur positif lapangan 2D25

- b. Perhitungan tulangan sesudah komposit

$$dx = h - Cc - \emptyset - 0,5D$$

$$dx = 550 - 50 - 10 - 0,5 \times 25 = 477,5 \text{ mm}$$

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

$$M_{\text{tumpuan}} = 25435,12 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 8469,37 \text{ kgm}$$

$$V = 11930,75 \text{ kg}$$

- Tulangan negatif di tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times bw \times dx^2} = \frac{25435,12 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 477,5^2} = 3,098 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 3,098}{420}} \right) = 0,0077$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, 0,00399 < 0,0077 < 0,025$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0077 \times 400 \times 477,5 = 1471,421 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)} = \frac{1471,421}{490,874} = 2,99 \approx 3 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{3-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 103 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS (D25) = 3 \times 490,874 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 3D25

- Tulangan positif di tumpuan

$$Mu = 0,33 \times Mu \text{ negatif tumpuan}$$

$$= 8393,5896 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx^2} = \frac{8393,58 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 477,5^2} = 1,022 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 1,022}{420}} \right) = 0,00247$$

$$\rho < \rho_{min}, 0,00247 < 0,00399$$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,00399 \times 400 \times 477,5 = 762,659 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)} = \frac{762,659}{490,874} = 1,554 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS (D25) = 2 \times 490,874 = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur positif tumpuan 2D25

- Tulangan positif di lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx^2} = \frac{8469,37 \times 10^4}{0,9 \times 40 \times 477,5^2} = 1,032 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 1,032}{420}} \right) = 0,00249$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,00249 < 0,00399$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00399 \times 400 \times 477,5 = 762,659 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{762,659}{490,874} = 1,554 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS(D25) = 2 \times 490,874 = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur positif lapangan 2D25

- Tulangan negatif di lapangan

$$Mu = 0,2 \times Mu \text{ negatif tumpuan (SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1)}$$

$$= 5087,024 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx^2} = \frac{5087,024 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 477,5^2} = 0,619 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,619}{420}} \right) = 0,00148$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,00148 < 0,00399$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00399 \times 400 \times 477,5 = 762,659 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{762,659}{490,874} = 1,554 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

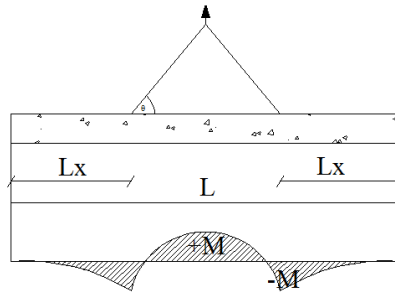
$$\text{As pakai} = n \times \text{AS} (D25) = 2 \times 490,874 = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif lapangan 2D25

c. Perhitungan tulangan saat pengangkatan

$$dx = h - Cc - \emptyset - 0,5D$$

$$dx = 370 - 50 - 10 - 0,5 \times 25 = 297,5 \text{ mm}$$



Gambar 4. 17 Pengangkatan Balok

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

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

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{37}{2} = 18,5 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 40 \times 37^3 = 168843,3 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 18,5 + 5 = 23,5 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan 45°

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 8,5 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \times \left(1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)} = \frac{1 + \frac{4 \times 23,5}{850 \times \tan 45}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{23,5}{23,5} \times \left(1 + \frac{4 \times 23,5}{850 \times \tan 45} \right)} \right)}$$

$$X = 0,2269$$

$$LX = 850 \times 0,2269 = 192,43 \text{ cm}$$

$$W = qu = 497,28 \text{ kg/m}$$

$$+ M = 920,7369 \text{ kgm}$$

$$- M = 920,7369 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x^2} = \frac{920,7369 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 297,5^2} = 0,288 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,288}{420}} \right) = 0,00069$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,00069 < 0,00333$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{S\text{perlu}} = 0,00333 \times 400 \times 297,5 = 396,667 \text{ mm}^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S\text{perlu}}}{A_S(D25)} = \frac{396,667}{490,874} = 0,808 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

- Tulangan positif di Tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x^2} = \frac{920,7369 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 297,5^2} = 0,288 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,288}{420}} \right) = 0,00069$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,00069 < 0,00333$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0033 \times 400 \times 297,5 = 396,667 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{396,667}{490,874} = 0,808 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan tulangan Lentur positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx^2} = \frac{920,7369 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 297,5^2} = 0,288 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,288}{420}} \right) = 0,00069$$

$$\rho < \rho_{\text{min}}, 0,00069 < 0,00333$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0033 \times 400 \times 297,5 = 396,667 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{396,667}{490,874} = 0,808 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan tulangan Lentur positif Lapangan 2D25

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx^2} = \frac{920,7369 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 297,5^2} = 0,288 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,288}{420}} \right) = 0,00069$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,00069 < 0,00333$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{S\text{perlu}} = 0,0033 \times 400 \times 297,5 = 396,667 \text{ mm}^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S\text{perlu}}}{A_S(D25)} = \frac{396,667}{490,874} = 0,808 \approx 2 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25

4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

a. Perhitungan tulangan sebelum komposit

$$V_u = 131782,1 \text{ N} = 131,782 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d_x$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{45} \times 400 \times 297,5 = 135707 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 135,707 = 101,780 \text{ kN}$$

$$0,5\emptyset V_c = 0,5 \times 101,780 = 50,890 \text{ kN}$$

$$V_{s\text{min}} = \frac{1}{16} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d_x$$

$$V_{s\text{min}} = \frac{1}{16} \times \sqrt{45} \times 400 \times 297,5 = 49,892 \text{ kN}$$

$$\emptyset(V_c + V_{s\text{min}}) = 0,75 \times (135,707 + 49,892)$$

$$\emptyset(V_c + V_{s\text{min}}) = 139,199 \text{ kN}$$

$\emptyset V_c < V_u < \emptyset(V_c + V_{s\text{min}}) \rightarrow$ Diperlukan tulangan minimum

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78,54 = 157,07 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 21.3.4.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

1. $\frac{d}{4} = \frac{297,5}{4} = 74,375 \text{ mm}$
2. $8 d_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
3. $24 \varnothing_{\text{sengkang}} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Dari syarat di atas, maka diambil sengkang di daerah plastis $\varnothing 10 - 70 \text{ mm}$. Sengkang didaerah plastis dipasang sepanjang $2h = 740 \text{ mm}$. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.3 bahwa jarak sengkang di luar sendi plastis di sepanjang balok tidak lebih dari:
 $s \leq d/2 = 297,5/2 = 148,75 \text{ mm}$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis $\varnothing 10 - 125 \text{ mm}$.

- b. Perhitungan tulangan sesudah komposit

$$V_u = 119307,5 \text{ N} = 119,307 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d_x$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{45} \times 400 \times 477,5 = 217,815 \text{ kN}$$

$$\varnothing V_c = 0,75 \times 217,815 = 163,361 \text{ kN}$$

$$0,5 \varnothing V_c = 0,5 \times 163,361 = 81,680 \text{ kN}$$

$$0,5 \varnothing V_c < V_u < \varnothing V_c \rightarrow \text{Diperlukan tulangan minimum}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78,54 = 157,07 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 21.3.4.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

1. $\frac{d}{4} = \frac{477,5}{4} = 119,375 \text{ mm}$
2. $8 \text{ db} = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
3. $24 \text{ } \varnothing_{\text{sengkang}} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

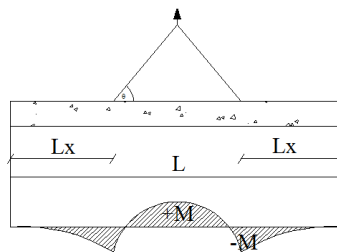
Dari syarat di atas, maka diambil Sengkang di daerah plastis $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$. Sengkang didaerah plastis dipasang sepanjang $2h = 1100 \text{ mm}$. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.3 bahwa jarak sengkang di luar sendi plastis di sepanjang balok tidak lebih dari:
 $s \leq d/2 = 477,5/2 = 238,75 \text{ mm}$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis $\varnothing 10-225 \text{ mm}$.

5. Pengangkatan Balok Anak

Balok anak pracetak dibuat secara fabrikasi di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan saat pemasangan modular. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



Gambar 4. 18 Momen Saat Pengangkatan Balok Anak

- a. Perhitungan tulangan angkat pelat

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,37 \times 0,40 \times 8,5 \times 2400 \\ &= 3019,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Q = K \times DL$$

Dimana,

$K =$ faktor kejut $= 1.2$ (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1,2 \times 3019,2$$

$$q = 3623,04 \text{ Kg}$$

Gaya angkat T_u setiap tulangan :

$$T_u = \frac{q}{2 \times \cos(45)} = \frac{\frac{3623,04}{100}}{2 \times \cos(45)} = 25,61 \text{ kN}$$

Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{420}{1,5} = 280 \text{ N/mm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\pi \times \sigma}} = \sqrt{\frac{4 \times 25,61 \times 1000}{\pi \times 280}} = 10,79 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D13 mm

- b. 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 .

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

Dimana,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0,7 \times \sqrt{f_c'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0,7 \times \sqrt{45}}{1,5} = 3,13 \text{ MPa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik penangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 920,737 \text{ kgm}$$

$$- M = 920,737 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b_{\text{pracetak}} \times h_{\text{pracetak}}^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 40 \times 37^2$$

$$Z = 9126,667 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{Pelat}} = \frac{920,737}{9126,667} \times \frac{10000}{1000} = 1,008 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok anak pracetak :

4.3.5 Perencanaan Lift

4.3.5.1 Spesifikasi Lift

Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut:

- Tipe lift : Passenger Elevators
- Merk : HYUNDAI
- Kapasitas : 20 Orang / 1350 kg
- Lebar pintu (opening width) : 1000 mm
- Dimensi ruang luncur (hoistway inside) : 2650 x 2400 mm
- Dimensi sangkar (Car size)
 - Internal : 1800 x 1600 mm
 - Eksternal : 1900 x 1770 mm
- Beban reaksi pit
 - R1 : 13900 kg
 - R2 : 3000 kg

4.3.5.2 Perencanaan Awal Dimensi Balok Lift

a. Balok Penggantung Lift

Panjang balok penggantung lift

$$h = \frac{L}{16} = \frac{330}{16} = 20,625 \text{ cm, ambil dimensi } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 40 = 26,67 \text{ cm}$$

Maka digunakan dimensi balok penggantung lift 30/40 cm

b. Balok Penumpu Lift

Panjang balok penumpu lift

$$h = \frac{L}{16} = \frac{295}{16} = 18,4375 \text{ cm, ambil dimensi } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 40 = 26,67 \text{ cm}$$

Maka digunakan dimensi balok penumpu lift 30/40 cm

4.3.5.3 Pembebanan Balok Lift

Dalam pembebanan balok lift terdapat koefisien kejut beban hidup yang disebabkan oleh keran. Dimana koefisien kejut beban hidup diatur pada pasal 3.3 (3) PPIUG 1983 yang menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana, harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana :

Ψ = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

v = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det

k_1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

k_2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$P = \Sigma R \Psi = (13900 + 3000) (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) = 30082 \text{ kg}$$

a. Pembebanan balok penggantung lift

- Beban Mati (qd)

Berat balok = $0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$

Berat pelat = $0,18 \times 1,475 \times 2400 = 637,2 \text{ kg/m}$

Berat aspal = $1,475 \times 14 = 20,65 \text{ kg/m}$

qd = $288 + 637,2 + 20,65 = 945,85 \text{ kg/m}$

- Beban Hidup (q_l)
 $q_l = 96 \times 1,475 = 141,6 \text{ kg/m}$
 - Beban Terpusat
 $P = 30082 \text{ kg}$
 - Kombinasi Beban
 $q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l = 1,2 \times 945,85 + 1,6 \times 141,6$
 $q_u = 1361,58 \text{ kg/m}$
 - Gaya dalam pada Balok Penggantung
 $V_u = \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P$
 $V_u = \frac{1}{2} \times 1361,58 \times 3,3 + \frac{1}{2} \times 30082 = 17287,607 \text{ kg}$
 $M_u = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P L$
 $M_u = \frac{1}{8} \times 1361,58 \times 3,3^2 + \frac{1}{4} \times 30082 \times 3,3 = 26671,1 \text{ kgm}$
- b. Pembebanan balok penumpu lift
- Beban Mati (q_d)
 Berat balok $= 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$
 $q_d = 288 \text{ kg/m}$
 - Beban Terpusat
 $P = V_u \text{ penggantung} = 17287,607 \text{ kg}$
 - Kombinasi Beban
 $q_u = 1,2 q_d = 1,2 \times 288 = 345,6 \text{ kg}$
 - Gaya dalam pada Balok Penggantung
 $V_u = \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P$
 $V_u = \frac{1}{2} \times 345,6 \times 2,95 + \frac{1}{2} \times 17287,607 = 9214,044 \text{ kg}$
 $M_u = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P L$
 $M_u = \frac{1}{8} \times 345,6 \times 2,95^2 + \frac{1}{4} \times 17287,607 \times 2,95$
 $M_u = 13125,56 \text{ kgm}$

4.3.5.4 Penulangan Balok Lift

Data perencanaan:

$$\begin{aligned}
 f'c &= 45 \text{ Mpa} \\
 fy &= 420 \text{ Mpa} \\
 \text{Tul. lentur (D)} &= 22 \text{ mm} \\
 \text{As tulangan} &= 380,133 \text{ mm}^2 \\
 \text{Tul. sengkang } (\emptyset) &= 13 \text{ mm} \\
 \text{As tulangan} &= 132,732 \text{ mm}^2 \\
 \text{Decking} &= 40 \text{ mm} \\
 b &= 300 \text{ mm} \\
 h &= 400 \text{ mm} \\
 d &= 336 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} \\
 &= 0,85 - 0,05 \frac{(45 - 28)}{7} \\
 &= 0,7286 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,7286 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,039 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,029 \\
 \rho_{\max} &= 0,025 \\
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{fy} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{420} = 0,00399 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,00333 \\
 m &= \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98
 \end{aligned}$$

- a. Penulangan balok penggantung lift
- Perhitungan Tulangan Lentur

$$R_n = \frac{Mu}{0,75 \times b \times d^2} = \frac{26671,1 \times 10^4}{0,75 \times 300 \times 336^2} = 10,499$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,499 \times 10,98}{420}} \right) = 0,029$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,025$$

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,025 \times 300 \times 336 = 2520 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ (jumlah)} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{2520}{380,133} = 6,63 \approx 7 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{b - n \cdot db - 2 \cdot \text{cover} - 2\emptyset}{n - 1}$$

$$= \frac{300 - 4 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 13}{4 - 1}$$

$$= 35,3 \text{ mm} > 22 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 7D22

- Perhitungan Tulangan Geser

$$Vu = 17287,607 \text{ kg} = 172876,07 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b w d = \frac{1}{6} \sqrt{45} 300 \times 336 = 112697,83 \text{ N}$$

$$0,5 \emptyset Vc = 0,5 \times 0,75 \times 112697,83 = 42261,68 \text{ N}$$

$$\emptyset Vc = 0,75 \times 112697,83 = 84523,369 \text{ N}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} b w d = \frac{1}{3} \sqrt{45} 300 \times 336 = 225395,65 \text{ N}$$

$$\emptyset Vc < Vu < \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$84523,369 < 172876,07 < 253570,11 \quad (\text{Kondisi 3})$$

$$S = \frac{Av \times f_y \times d}{Vs} = \frac{2 \times 132,73 \times 420 \times 336}{225395,65} = 166,21 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser D13-150 mm

- b. Penulangan balok penumpu lift

- Perhitungan Tulangan Lentur

$$Rn = \frac{Mu}{0,75 \times b \times d^2} = \frac{13125,56 \times 10^4}{0,75 \times 300 \times 336^2} = 5,167$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 5,167 \times 10,98}{420}} \right) = 0,013$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}, 0,00399 < 0,013 < 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,013$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,013 \times 300 \times 336 = 1337,58 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n \text{ (jumlah)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{1337,58}{380,133} = 3,52 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b - n \cdot d_b - 2 \cdot \text{cover} - 2 \cdot \emptyset}{n - 1} \\ &= \frac{300 - 4 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 13}{4 - 1} \\ &= 35,3 \text{ mm} > 22 \text{ mm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 4D22

- Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 9214,044 \text{ kg} = 92140,44 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d = \frac{1}{6} \sqrt{45} 300 \times 336 = 112697,83 \text{ N}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 0,5 \times 0,75 \times 112697,83 = 42261,68 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 112697,83 = 84523,369 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b w d = \frac{1}{3} \sqrt{45} 300 \times 336 = 225395,65 \text{ N}$$

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

$$84523,369 < 92140,44 < 253570,11 \quad (\text{Kondisi 3})$$

$$\text{Syarat } S_{\max} = d/2 = 336/2 = 168 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{2 \times 132,73 \times 420 \times 336}{225395,65} = 166,21 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser D13-150 mm

4.4 Struktur Primer

4.4.1 Umum

Struktur utama atau struktur primer adalah suatu komponen yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur utama menahan semua kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa gempa dan angin. Komponen balok induk, kolom dan dinding geser (*shear wall*) merupakan komponen struktur primer. Berikut adalah perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan struktur primer tersebut.

4.4.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak

Perencanaan balok induk dalam struktur Gedung Social Security (SS) Tower ini menggunakan 4 dimensi balok induk yaitu:

- Balok Induk 1 (BI.1) dimensi 55/80 cm (bentang 8,5 meter)
- Balok Induk 2 (BI.2) dimensi 55/80 cm (bentang 10 meter)
- Balok Induk 3 (BI.3) dimensi 50/75 cm (bentang 10 meter)
- Balok Induk 4 (BI.4) dimensi 50/75 cm (bentang 11 meter)

Penulangan balok induk dihitung dalam 2 kondisi yaitu kondisi sebelum komposit dan setelah komposit. Dari kedua kondisi tersebut diambil perhitungan penulangan dengan jumlah kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk.

4.3.1 Data Perencanaan

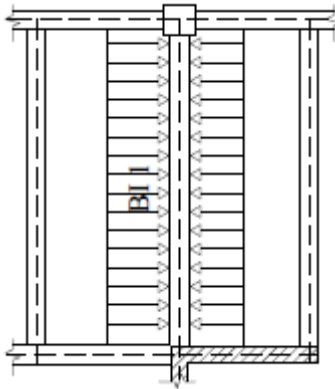
Pada contoh perhitungan akan dihitung Balok Induk BI.1 (55/80) dengan bentang 8,5 m. Berikut merupakan data perencanaan balok induk pracetak BI1:

Mutu beton ($f'c$)	: 45 MPa
Mutu baja (f_y)	: 420 MPa
Dimensi komposit	: 55 x 80 cm
Dimensi <i>half beam</i>	: 55 x 62 cm
<i>Overtopping</i> balok	: 18 cm
Diameter tulangan longitudinal	: 25 mm

Diameter tulangan sengkang : 13 mm
 Selimut beton : 50 mm

4.3.2 Perhitungan Pembebanan Balok Induk Pracetak

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). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok induk dikarenakan pelat yang menumpu pada balok induk adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.19 berikut:



Gambar 4. 19 Ditribusi Beban pada Balok Induk

a. Pembebanan Sebelum Komposit

Beban Mati

Berat sendiri balok : $\gamma_{\text{beton}} \times b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}}$
 : $2400 \times 0,55 \times 0,62$
 : 818,4 kg/m

Berat overtopping : $\gamma_{\text{beton}} \times b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}}$
 : $2400 \times 0,55 \times 0,18$
 : 237,6 kg/m

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} & : \gamma_{\text{beton}} \times b_{\text{pelat}} \times t_{\text{overtopping}} \\
 & : 2400 \times (1,65+1,825) \times 0,18 \\
 & : 1501,2 \text{ kg/m} \\
 qD & : 818,4 + 237,6 + 1501,2 \\
 & : 2557,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Kombinasi beban (qU)} & : 1,4 qD = 1,4 \times 2557,2 \\
 & : 3580,08 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Pembebanan Saat Pengangkatan

Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri balok} & : \gamma_{\text{beton}} \times b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \\
 & : 2400 \times 0,55 \times 0,62 \\
 & : 818,4 \text{ kg/m} \\
 qD & : 818,4 \text{ kg/m} \\
 \text{Kombinasi beban (qU)} & : 1,4 qD = 1,4 \times 818,4 \\
 & : 1145,76 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk Pracetak

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok induk, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{420} = 0,00399$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c-28)}{7} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(45-28)}{7} = 0,7286$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013 lampiran$$

B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,7286 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600+420} \right) = 0,039$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1})$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B.10.3.3)}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,039 = 0,0293$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$$

- a. Perhitungan tulangan lentur sebelum komposit

$$d_x = h - C_c - \emptyset - 0,5D$$

$$d_x = 620 - 50 - 13 - 0,5 \times 25 = 544,5 \text{ mm}$$

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.

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

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3580,08 \times 8,5^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 32332,598 \text{ kgm}$$

- Tulangan negatif di tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok induk dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times d_x$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00399 \times 550 \times 544,5 = 1195,797 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D22)} = \frac{1195,797}{490,874} = 2,43 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times Cc - 2 \times \emptyset}{n-1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 175 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS (D22) = 3 \times 490,874 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur negatif tumpuan 3D25

- Tulangan positif di tumpuan
Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok induk dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga ρ_{min} pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,00399 \times 550 \times 544,5 = 1195,797 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D22)} = \frac{1195,797}{490,874} = 2,43 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times Cc - 2 \times \emptyset}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 175 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS (D22) = 3 \times 490,874 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur positif tumpuan 3D25

- Tulangan positif di lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx^2} = \frac{32332,598 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 544,5^2} = 2,203 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 2,203}{420}} \right) = 0,0054$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}, 0,00399 < 0,0054 < 0,025$$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,0054 \times 550 \times 544,5 = 1618,959 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D22)} = \frac{1618,959}{490,874} = 3,298 \approx 4 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 4 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 108 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan tulangan lentur positif lapangan 4D25

- Tulangan negatif di lapangan

$$\begin{aligned} \mu &= 0,33 \times \mu \text{ positif lapangan} \\ &= 10669,76 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{\mu}{\phi \times b_w \times d_x^2} = \frac{10669,76 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 544,5^2} = 0,727 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,727}{420}} \right) = 0,00175$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,00175 < 0,00399$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,00399 \times 550 \times 544,5 = 1195,797 \text{ mm}^2$$

$$A_{S(D25)} = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S(D22)}} = \frac{1195,797}{490,874} = 2,43 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{b_w - n \times D(22) - 2 \times C_c - 2 \times \phi}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 175 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$A_s \text{ pakai} = n \times A_{S(D22)} = 3 \times 490,874 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif lapangan 3D25

- Perhitungan tulangan lentur sesudah komposit

$$d_x = h - C_c - \phi - 0,5D$$

$$d_x = 800 - 50 - 13 - 0,5 \times 25 = 724,5 \text{ mm}$$

$$d' = C_c + \phi + 0,5D = 50 + 13 + 0,5 \times 25 = 75,5 \text{ mm}$$

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

$$M_{\text{tumpuan}^-} = 55870,27 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tumpuan}^+} = 1847,06 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}^-} = 21367,67 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}+} = 15959,9 \text{ kgm}$$

$$V = 27727,01 \text{ kg}$$

- Tulangan negatif di tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times dx^2} = \frac{55870,27 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 724,5^2} = 2,1503 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 2,1503}{420}} \right) = 0,00527$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, 0,00399 < 0,00527 < 0,025$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b_w \times dx$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,00527 \times 550 \times 724,5 = 2100,91 \text{ mm}^2$$

$$A_{S(D25)} = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S(D25)}} = \frac{2100,91}{490,874} = 4,279 \approx 5 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 5 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{5 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 75 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$A_s \text{ pakai} = n \times A_{S(D25)} = 5 \times 490,874 = 2454,369 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur negatif tumpuan 5D25

- Tulangan positif di tumpuan

$$M_u = 0,33 M_u \text{ negatif tumpuan}$$

$$= 18437,19 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times dx^2} = \frac{18437,19 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 724,5^2} = 0,709 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,709}{420}} \right) = 0,0017$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,0017 < 0,00399$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b_w \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00399 \times 550 \times 724,5 = 1591,102 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{1591,102}{490,874} = 3,24 \approx 4 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 4 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{4-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 108 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS(D25) = 4 \times 490,874 = 1963,495 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur positif tumpuan 4D25

- Kontrol tulangan rangkap tumpuan

$$\rho = \frac{AS}{bw \times d \text{ actual}} = \frac{2454,369}{550 \times 724,5} = 0,00615$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw \times dx} = \frac{1963,495}{550 \times 724,5} = 0,00492$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 f'c d'}{d \text{ actual} \cdot f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 \times 45 \times 50}{724,5 \times 420} \times 0,728 \times \left(\frac{600}{600 - 420} \right) = 0,023$$

$$\rho - \rho' = 0,00615 - 0,00492 = 0,00123$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

0,00123 < 0,023 (Tulangan tekan belum leleh)

$$f's = 600 \times \left(\frac{c-d'}{c} \right)$$

$$T = C$$

$$T = Cc + Cs$$

$$A_S \times f_y = 0,85 f'c a b + A's (f's - 0,85 f'c)$$

$$a = \frac{Asfy - A's(f's - 0,85f'c)}{0,85f'c b}$$

$$c = \frac{Asfy - A's(f's - 0,85f'c)}{0,85f'c b \beta_1}$$

Dengan menyelesaikan persamaan diatas dengan menggunakan akar persamaan kuadrat, diperoleh :

$$c1 = 73,861 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 c_2 &= -78,568 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 c = 0,728 \times 73,861 = 53,813 \text{ mm} \\
 f'_s &= 600 \times \left(\frac{c-d'}{c} \right) = 600 \times \left(\frac{73,861-75,5}{73,861} \right) = -13,316 \text{ MPa} \\
 M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s (f'_s - 0,85 f'_c) (d-d') \\
 M_n &= (2454,36 \times 420 - 1963,495 \times -13,316) \\
 &\quad \left(724,5 - \frac{53,813}{2} \right) + 1963,495 \times (-13,613 - 0,85 \times 45) \times \\
 &\quad (724,5 - 75,5) \\
 M_n &= 72037,458 \text{ kgm} \\
 \emptyset M_n &= 0,9 \times 72037,458 = 64833,712 \text{ kgm} \\
 \emptyset M_n &= 64833,712 \text{ kgm} > M_u = 5570,27 \text{ kgm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{724,5-73,86}{73,86} \right) \times 0,003 \\
 \epsilon_t &= 0,026 > 0,005 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Tulangan positif di lapangan

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\emptyset \times b_w \times d x^2} = \frac{21367,67 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 724,5^2} = 0,822 \text{ MPa} \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 \rho &= \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,822}{420}} \right) = 0,00198 \\
 \rho &< \rho_{\min}, 0,00198 < 0,00399 \\
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b_w \times d x \\
 A_{S_{\text{perlu}}} &= 0,00399 \times 550 \times 724,5 = 1591,102 \text{ mm}^2 \\
 A_S(D25) &= \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_S(D25)} = \frac{1591,102}{490,874} = 3,24 \approx 4 \text{ buah} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{b_w - n \times D(25) - 2 \times C_c - 2 \times \emptyset}{n-1} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{550 - 4 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{4-1}
 \end{aligned}$$

S tulangan = 108 mm > 25 mm (OK)

As pakai = n x AS (D25) = 4 x 490,874 = 1963,495 mm²

Maka digunakan tulangan lentur positif lapangan 4D25

- Tulangan negatif di lapangan

Mu = 15959,9 kgm

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx^2} = \frac{15959,9 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 724,5^2} = 0,614 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,614}{420}} \right) = 0,00147$$

$\rho < \rho_{min}$, 0,00147 < 0,00399

AS_{perlu} = $\rho \times bw \times dx$

AS_{perlu} = 0,00399 x 550 x 724,5 = 1591,102 mm²

AS(D25) = $\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$

n tulangan = $\frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)} = \frac{1591,102}{490,874} = 3,24 \approx 4 \text{ buah}$

S tulangan = $\frac{bw - n \times D(25) - 2 \times Cc - 2 \times \phi}{n - 1}$

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 4 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{4 - 1}$$

S tulangan = 108 mm > 25 mm (OK)

As pakai = n x AS (D25) = 4 x 490,874 = 1963,495 mm²

Maka digunakan tulangan lentur negatif lapangan 4D25

- Kontrol tulangan rangkap lapangan

$$\rho = \frac{AS}{bw \times d \text{ actual}} = \frac{1963,495}{550 \times 724,5} = 0,00492$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw \times dx} = \frac{1963,495}{550 \times 724,5} = 0,00492$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 f_c r d'}{d \text{ actual} \cdot fy} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - fy} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 \times 45 \times 50}{724,5 \times 420} \times 0,728 \times \left(\frac{600}{600 - 420} \right) = 0,023$$

$$\rho - \rho' = 0,00492 - 0,00492 = 0$$

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &< \rho_{cy} \\ 0 &< 0,023 \text{ (Tulangan tekan belum leleh)} \\ f'_s &= 600 \times \left(\frac{c-d'}{c} \right) \\ T &= C \\ T &= C_c + C_s \\ A_s \times f_y &= 0,85 f'_c a b + A's (f'_s - 0,85 f'_c) \\ a &= \frac{A_s f_y - A's (f'_s - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c b} \\ c &= \frac{A_s f_y - A's (f'_s - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c b \beta_1} \end{aligned}$$

Dengan menyelesaikan persamaan diatas dengan menggunakan akar persamaan kuadrat, diperoleh :

$$\begin{aligned} c_1 &= 67,638 \text{ mm} \\ c_2 &= -85,797 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 c = 0,728 \times 67,638 = 49,279 \text{ mm} \\ f'_s &= 600 \times \left(\frac{c-d'}{c} \right) = 600 \times \left(\frac{67,638-75,5}{67,638} \right) = -69,742 \text{ MPa} \\ M_n &= (A_s f_y - A's f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's (f'_s - 0,85 f'_c) (d-d') \\ M_n &= (1963,495 \times 420 - 1963,495 \times -69,742) \\ &\quad \left(724,5 - \frac{49,279}{2} \right) + 1963,495 \times (-69,742 - 0,85 \times 45) \times \\ &\quad (724,5 - 75,5) \\ M_n &= 58411,727 \text{ kgm} \\ \phi M_n &= 0,9 \times 58411,727 = 52570,554 \text{ kgm} \\ \phi M_n &= 52570,55 \text{ kgm} > M_u = 21367,67 \text{ kgm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Regangan

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{724,5-67,64}{67,64} \right) \times 0,003 \\ \epsilon_t &= 0,029 > 0,005 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Kontrol Balok T

$$be < \frac{L}{4} = \frac{8500}{4} = 2125 \text{ mm}$$

$$be < bw + 2(8hf) = 550 + 16 \times 180 = 3430 \text{ mm}$$

be < bw + jarak bersih ke badan balok sebelahnya

$$be < 550 + (0,5 \times 2825 + 0,5 \times 3175)$$

$$be < 550 + (3000)$$

$$be < 3550 \text{ mm}$$

Tinggi area tekan :

$$a = \frac{Asf_y}{0,85fc'be} = \frac{1963,49 \times 420}{0,85 \times 45 \times 2125} = 10,146 \text{ mm}$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = 13,94 \text{ mm} < hf = 180 \text{ mm}$$

Balok dianggap persegi panjang

$$a = \frac{Asf_y}{0,85fc'be} = \frac{1963,49 \times 420}{0,85 \times 45 \times 550} = 39,199 \text{ mm}$$

$$M_n = As f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1963,49 \times 420 \times \left(724,5 - \frac{39,199}{2} \right)$$

$$M_n = 58130,89 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 58130,89 = 52317,8 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 52317,8 \text{ kgm} > M_u = 21367,67 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan ($\epsilon_t \geq 0,005$)

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{39,199}{0,728} = 53,844$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d-c}{c} \right) = 0,003 \left(\frac{724,5-53,844}{53,844} \right) = 0,037$$

$$\epsilon_t = 0,037 > 0,005 \quad (\text{OK})$$

c. Perhitungan tulangan lentur saat pengangkatan

$$dx = h - Cc - \phi - 0,5D$$

$$dx = 620 - 50 - 13 - 0,5 \times 25 = 544,5 \text{ mm}$$

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

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

$$y_t = y_b = \frac{h}{2} = \frac{62}{2} = 31 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 55 \times 62^3 = 1092337 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 31 + 5 = 36 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan 45°

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 8,5 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{L \times \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \times \left(1 + \frac{4yc}{L \times \tan \theta} \right)} \right)} = \frac{1 + \frac{4 \times 36}{850 \times \tan 45}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{31}{31} \times \left(1 + \frac{4 \times 36}{850 \times \tan 45} \right)} \right)}$$

$$X = 0,2364$$

$$LX = 850 \times 0,2364 = 200,98 \text{ cm}$$

$$W = qu = 1145,76 \text{ kg/m}$$

$$+ M = 2314,014 \text{ kgm}$$

$$- M = 2314,014 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

$$M_u = 2314,014 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x^2} = \frac{2314,014 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 724,5^2} = 0,158 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,158}{420}} \right) = 0,00038$$

$$\rho < \rho_{\min}, 0,00038 < 0,0033$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0,0033 \times 550 \times 544,5 = 998,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{S(D25)}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{S(D25)}}} = \frac{998,25}{490,874} = 2,03 \approx 3 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 174,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$A_{\text{s pakai}} = n \times A_{\text{S(D25)}} = 3 \times 490,874 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur negatif tumpuan 3D25

- Tulangan Positif di Tumpuan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0033 \times 550 \times 544,5 = 998,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{998,25}{490,874} = 2,03 \approx 3 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 174,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS(D25) = 3 \times 490,874 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur positif tumpuan 3D25

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Mu = 2314,014 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx^2} = \frac{2314,014 \times 10^4}{0,9 \times 550 \times 724,5^2} = 0,158 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,158}{420}} \right) = 0,00038$$

$$\rho < \rho_{\text{min}}, 0,00038 < 0,0033$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0033 \times 550 \times 544,5 = 998,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)} = \frac{998,25}{490,874} = 2,03 \approx 3 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 174,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

As pakai = $n \times AS (D25) = 3 \times 490,874 = 1472,62 \text{ mm}^2$
 Maka digunakan tulangan lentur positif lapangan 3D25

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0033 \times 550 \times 544,5 = 998,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS (D25)} = \frac{998,25}{490,874} = 2,03 \approx 3 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 3 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{3-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 174,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$As \text{ pakai} = n \times AS (D25) = 3 \times 490,874 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur negatif lapangan 3D25

4.3.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk Pracetak

- a. Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut :

$$M_{pr} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

Tabel 4. 34 Perhitungan Mpr B11

LOKASI		n	As Perlu (mm ²)	a (mm)	Mpr (kNm)	
Tumpuan	Kiri	Atas	5	2454,37	61,25	894,088
		Bawah	4	1963,495	48,99	721,585
	Kanan	Atas	5	2454,37	61,25	894,088
		Bawah	4	1963,495	48,99	721,585

$$Mpr_1 = 894,088 \text{ kNm}$$

$$Mpr_2 = 721,585 \text{ kNm}$$

$$l_n = 7,75 \text{ m}$$

$$W_u = 43,78 \text{ KN/m}$$

- Analisa terhadap gempa kiri = gempa kanan

$$V_u = \frac{894,088 + 721,585}{7,75} - \frac{43,78 \times 7,75}{2} = 38,83 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{894,088 + 721,585}{7,75} + \frac{43,78 \times 7,75}{2} = 378,122 \text{ kN}$$

- Pemasangan Sengkok Daerah Sendi Plastik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan mengangap $V_c = 0$, apabila:

$$Mpr > 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$$

$$= \frac{894,088 + 721,585}{7,75} > 0,5 \times 378,122$$

$$= 208,474 \text{ kN} > 189,06 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

$$\text{Gaya Aksial Tekan} < 0,2 \times A_g \times f_c'$$

$$378,122 \text{ kN} < 0,2 \times 550 \times 800 \times 45 / 1000$$

$$378,122 \text{ kN} < 3960 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

Karena Gaya Aksial terlalu kecil maka memenuhi:

$$V_c = \frac{\sqrt{f_r c}}{6} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{45}}{6} \times 550 \times 724,5 = 445,508 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 445,508 = 334,131 \text{ kN}$$

$$V_{smin} = \frac{\sqrt{f_r c}}{16} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{45}}{16} \times 550 \times 724,5 = 167,065 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\phi V_{smin} &= 0,75 \times 167,065 = 125,299 \text{ kN} \\ \phi V_c &< V_u < \phi(V_c + V_{smin}) \\ 334,131 &< 378,122 < (334,131 + 125,299) \\ 334,131 &< 378,122 < 459,431 \quad (\text{Kondisi 3})\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 bahwa syarat jarak antar sengkang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

1. $d/4 = 724,5/4 = 181,125 \text{ mm}$
2. $8 D_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
3. $24 \phi_{sengkang} = 24 \times 13 = 312 \text{ mm}$
4. 300 mm

Rencanakan tulangan geser $2\phi 13 \text{ mm}$ ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)
Sehingga nilai kuat geser diperoleh sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{265,46 \times 420 \times 724,5}{150 \times 1000} = 538,52 \text{ kN}$$

$$V_{spakai} > V_{smin}$$

$$538,52 > 167,065 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi(V_c + V_{pakai})$$

$$378,122 < (334,131 + 0,75 \times 538,52)$$

$$378,122 < 738,021 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Sengkang yang dipasang $2D13 \text{ mm}$ sejarak 150 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

1. S_{max} sepanjang sendi plastis di ujung balok
 $2h = 2 \times 800 = 1600 \text{ mm}$
2. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan

Kontrol kuat geser balok induk interior tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9

$$\begin{aligned}V_{Smax} &= 0,66 \times b_w \times d \times x\sqrt{f'_c} \\ &= 0,66 \times 550 \times 724,5 \times x\sqrt{45} = 1764214 \text{ N} \\ &= 1764,214 \text{ kN} > 538,52 \text{ kN}\end{aligned}$$

Sehingga sengkang 2D13 – 150 dapat digunakan.

- Pemasangan sengkang di luar daerah sendi plastis

$$V_u = 378,122 - 70,04 = 308,073 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_r c}}{6} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{45}}{6} \times 550 \times 724,5 = 445,508 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 445,508 = 334,131 \text{ kN}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 167,065 \text{ kN}$$

$$0,5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c$$

$$167,065 < 308,073 < 334,131 \quad (\text{Kondisi 2})$$

Rencanakan tulangan geser 2Ø13 mm ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

Sehingga nilai kuat geser diperoleh sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{265,46 \times 420 \times 724,5}{150 \times 1000} = 538,52 \text{ kN}$$

$$V_{\text{pakai}} > V_{\text{min}}$$

$$538,52 > 167,065 \text{ kN}$$

$$V_u < \emptyset(V_c + V_{\text{pakai}})$$

$$308,073 < (334,131 + 0,75 \times 538,52)$$

$$308,073 < 738,021 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{724,5}{2} = 362,25$$

$$S_{\text{pakai}} = 360 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan geser 2D13-360 mm

- b. Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = 152,153 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_r c}}{6} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{45}}{6} \times 550 \times 544,5 = 334,823 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 334,823 = 251,117 \text{ kN}$$

$$V_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f_r c}}{16} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{45}}{16} \times 550 \times 544,5 = 125,558 \text{ kN}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 125,558 \text{ kN}$$

$$0,5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c$$

$$125,558 < 152,153 < 251,117 \quad (\text{Kondisi 2})$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 bahwa syarat jarak antar sengkang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

1. $d/4 = 544,5/4 = 136,125$ mm
2. $8 D_b = 8 \times 25 = 200$ mm
3. $24 \varnothing_{\text{sengkang}} = 24 \times 13 = 312$ mm
4. 300 mm

Dari syarat di atas, maka digunakan tulangan geser tumpuan 2D13-120 mm

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{544,5}{2} = 272,25$$

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

Dari syarat di atas, maka digunakan tulangan geser lapangan 2D13-250 mm

4.3.5 Perhitungan Tulangan Torsi

$$\text{Dimensi balok Induk B1} = 55/80 \text{ cm}$$

$$\text{Tu Etabs} = 64,478 \text{ kNm}$$

Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor Tu lebih kecil dari :

$$T_n = \varnothing 0,083 \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_n = \frac{0,75 \times 0,083 \sqrt{45} \left(\frac{(550 \times 800)^2}{2(550+800)} \right)}{1000000} = 29,94 \text{ kNm}$$

$$T_u > T_n$$

$$64,478 > 29,94 \text{ (Perlu penulangan Torsi)}$$

$$V_u = 378,122 \text{ kN}$$

$$V_c = 445,508 \text{ kN}$$

$$A_{cp} = 440000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2700 \text{ mm}^2$$

$$A_{oh} = 285776 \text{ mm}^2$$

$$P_{oh} = 2196 \text{ mm}^2$$

Cek Penampang Balok Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal

11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66\sqrt{f_c'}\right)$$

$$1,393 < 4,159 \quad (\text{OK})$$

- Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi A_o dapat di ambil sama dengan $0,85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$.

$$\theta = 45^\circ$$

$$A_o = 242909,6 \text{ mm}^2$$

$$A_t/s = \frac{T_n}{2 A_o f_{yt} \cot \theta} = \frac{85,97 \times 10^6}{2 \times 242909,6 \times 420 \times 1} = 0,421$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cot^2 \theta = 0,421 \times 2196 \times \left(\frac{420}{420}\right) \times 1$$

$$A_l = 925,249 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ D25} = 491,07 \text{ mm}^2$$

Maka diperlukan tulangan torsi 2D25

4.3.6 Pengangkatan Balok Induk Pracetak

Dalam pemasangan balok Induk pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk Balok. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B1 dengan dimensi 55 x 62 cm dengan 2 titik pengangkatan.

- 4) Perhitungan Tulangan Angkat Pelat

$$DL = h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,62 \times 0,55 \times 8,5 \times 2400$$

$$= 6956,4 \text{ kg}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

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

$$q = 1.2 \times 6956,4$$

$$q = 8347,68 \text{ Kg}$$

Gaya angkat T_u setiap tulangan :

$$T_u = \frac{q}{2}$$

$$T_u = \frac{8347,68}{2 \cos 45}$$

$$T_u = 5902 \text{ kg}$$

Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

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

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

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

Maka diameter tulangan angkat :

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

$$= \sqrt{\frac{4 \times 5902}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 16,38 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D25

5) 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 .

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

Dimana,

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{f_c'}}{\text{SF}}$$

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{45}}{1.5} = 3,13 \text{ MPa}$$

6) Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik penangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 2314,014 \text{ kgm}$$

$$- M = 2314,014 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 55 \times (62)^2$$

$$Z = 35236,67 \text{ cm}^3 = 0,0352 \text{ m}^3$$

$$\sigma \text{ Pelat} = \frac{2314,014}{0,0352} \times \frac{10}{1000000}$$

$$\sigma \text{ pelat} = 0,657 \text{ Mpa} < \sigma \text{ ijin} = 3,13 \text{ Mpa (OK)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok induk pracetak :

4.3.7 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi.

1. Data Umum Perencanaan Kolom

Data umum perencanaan adalah sebagai berikut:

Dimensi kolom	: 85/85 cm
Tinggi kolom	: 300 cm
Tebal decking	: 50 mm
Diameter Tulangan Utama (D)	: 25 mm
Diameter Sengkang (ϕ)	: 16 mm
Mutu baja (f_y)	: 400 Mpa
Mutu beton (f_c')	: 45 Mpa
$d = 850 - 50 - 16 - (0,5 \times 25)$: 771,5 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekera pada kolom 85 x 85 cm yaitu :

P_{max}	: 12335,45 kN
V_{max}	: 486,06 kN
M_x	: 488,13 kNm
M_y	: 719,18 kNm
T	: 0,7621 kN

2. Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.

850 mm > 300 mm

- Rasio dimensi besar dari 0.4
Rasio $b/h = 850/850 = 1 > 0.4$

Dari hasil running program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah KN

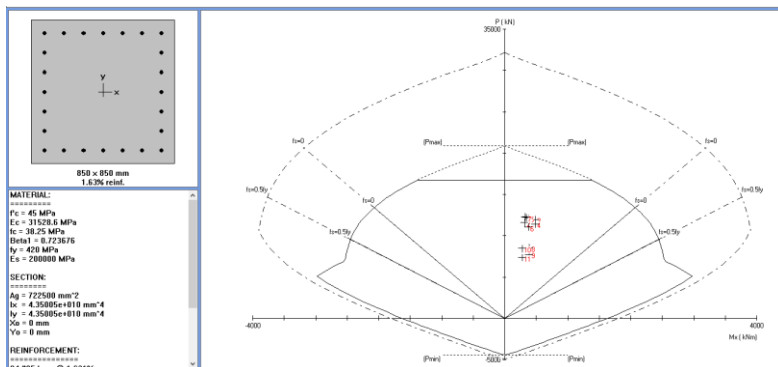
$$12335,45 \text{ KN} \geq 850 \times 850 \times \frac{45}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$12335,45 \text{ KN} \geq 3251,25 \text{ KN} \dots \quad (\text{OK})$$

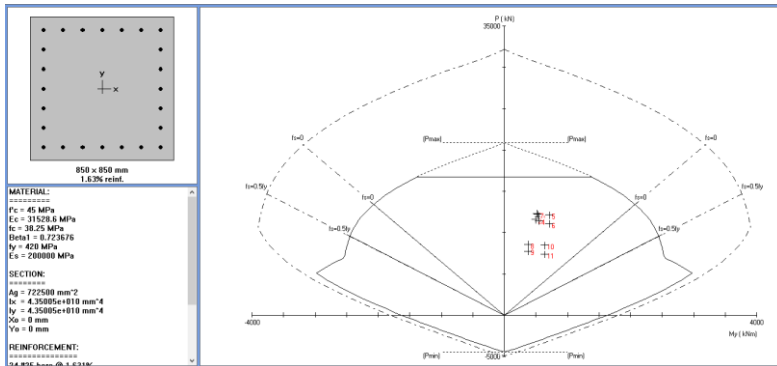
3. Perhitungan Penulangan Kolom

a. Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu SP Column, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom akibat sumbu X dan sumbu Y yang dapat dilihat pada Gambar 4.20 dan 4.21, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 20 Output SPColum Kolom 85x85 cm arah X



Gambar 4. 21 Output SPColumn Kolom 85x85 cm arah Y

Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada Kolom

$\phi M_n > M_u$

$0,9 \times 2524,43 \text{ KNm} > 719,18 \text{ KNm}$

$2271,987 \text{ kNm} > 719,18 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$

b. Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal pada Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$.

$$A_s = 11780,97 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 722500 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh Tulangan longitudinal : 24D25, dengan rasio tulangan = 1,63 % (OK)

c. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

$$\phi P_n = 16709,17 \text{ kN}$$

Dimana:

$$P_u = 12335,45 \text{ kN}$$

$$\Phi = 0,65$$

$$A_g = 850 \times 850 = 722500 \text{ mm}^2$$

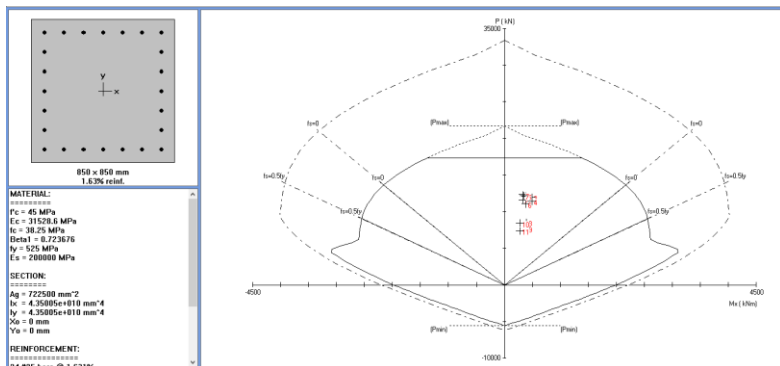
$$A_{st} = 24 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 11780,97 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

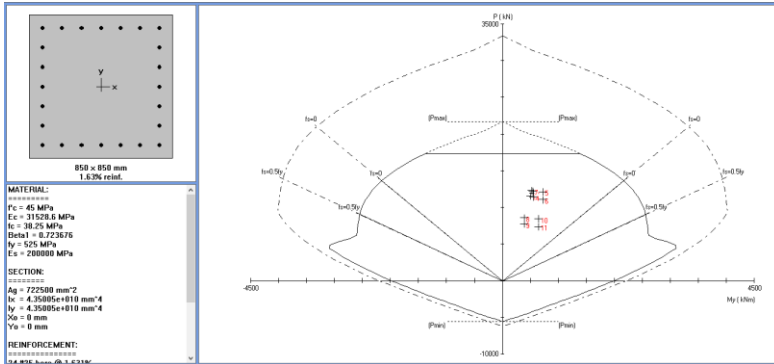
$$\Phi P_n = 16709,17 \text{ kN} > P_u = 12335,45 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

- d. Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana
Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$



Gambar 4. 22 Output SPColumn (setelah Mpr) Kolom 85x85 cm
Arah X



Gambar 4. 23 Output SPColumn (setelah Mpr) Kolom 85x85 cm
Arah Y

$$L_n = 2200 \text{ mm}$$

$$M_{prx} = 2589,59 \text{ KNm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 2589,59}{2,2}$$

$$V_{ex} = 2354,173 \text{ KN} > V_u = 486,06 \text{ KN} \dots (\text{OK})$$

e. Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang l_o harus dikekang oleh tulangan trasversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3

- Pemasangan Tulangan di Daerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

$$1. \frac{1}{4} b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 850 = 212,5 \text{ mm}$$

$$2. 6 d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$3. 100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - (0,5 \times (850 - 2 \times (50 + 16/2)))}{3} \right)$$

$$= 94,33 \text{ mm}$$

Digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 100 mm.

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$b_{cx} = 850 - 2 \times 50 - 2 \times 16 = 718 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (bc1) \times (bc2) = 515524 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{100 \times 718 \times 45}{420} \left[\frac{722500}{515524} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 926,57 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}} = 0.09 \frac{100 \times 718 \times 45}{420} = 692,35 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan 5D16-100

$$(A_{sh} = 1005,31 \text{ mm}^2) > 926,57 \text{ mm}^2$$

- Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

1. $6 \times db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

2. 150 mm

Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$

f. Kontrol Kebutuhan Torsi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$P_u = 12335,45 \text{ KN}$$

$$T_u = 0,7621 \text{ KNm}$$

$$A_g = 722500 \text{ mm}^2$$

$$A_{cp} = 722500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 3400 \text{ mm}$$

$$T_n = \emptyset 0.33 \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 \sqrt{f'c}}}$$

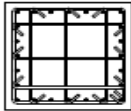
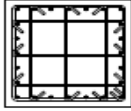
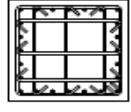
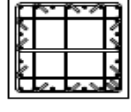
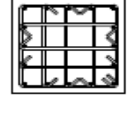
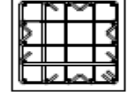
$$T_n = 0,75 \times 0,33 \sqrt{45} \left(\frac{722500^2}{3400} \right) \sqrt{1 + \frac{12335450}{0,33 \sqrt{45}}}$$

$$T_n = 255,886 \text{ KNm}$$

$$T_n = 255,886 \text{ KNm} > T_u = 0,7621 \text{ KNm}$$

Maka tulangan torsi diabaikan

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Penulangan Kolom

KONDISI	K1		K2		K3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
LANTAI 1 & LANTAI 16						
PENAMPANG KOLOM	810 mm x 810 mm	810 mm x 810 mm	800 mm x 800 mm	800 mm x 800 mm	750 mm x 750 mm	750 mm x 750 mm
TUJUAN	34 D25	24 D25	34 D25	24 D25	16 D25	16 D25
SENGKANG	5 D16-100	5 D16-150	5 D16-100	5 D16-150	5 D16-100	5 D16-150

4.3.8 Perencanaan Dinding Geser (Shearwall)

Seluruh dinding geser menahan 64% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Pada perencanaan Tugas Akhir ini menggunakan metode cor setempat (*case in situ*). Perencanaan dinding geser dibedakan menjadi Dinding Geser Arah X dan dinding Geser Arah Y. Pada perhitungan ini, akan diberikan contoh perhitungan dinding geser tipe C arah X.

4.3.8.1 Data Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser yang akan direncanakan memiliki data sebagai berikut :

Tebal dinding	: 400 mm
Tebal decking	: 50 mm
Tulangan	: 25 mm
d	: 321,5 mm
Mutu tulangan (f_y)	: 420 MPa
Mutu beton (f'_c)	: 45 Mpa
Tinggi lantai	: 3000 mm
Lebar dinding	: 3300 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada dinding geser, yaitu :

Gaya aksial	: 18939,02 kN
Momen	: 12004,98 kNm
Gaya geser	: 1984,74 KN

4.3.8.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 14.5.3, ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

1. $\frac{1}{25}\lambda_c = \frac{1}{25} 3300 = 132 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$ (OK)
2. $\frac{1}{25}\lambda_c = \frac{1}{25} 3000 = 120 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$ (OK)
3. $100 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$ ok

Jadi, ketebalan *shear wall* 400 mm sudah memenuhi persyaratan.

4.3.8.3 Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser

Kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi $0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$

$$V_u < 0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$1984,74 \text{ KN} < 0,83(1320000) \frac{\sqrt{45}}{1000}$$

$$1984,74 \text{ KN} < 7349,51 \text{ KN} \quad (\text{OK})$$

4.3.8.4 Penulangan Geser Shearwall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI-03-2847-2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- a. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0.17 \times A_{vc} \times \sqrt{f'c}$

$$V_u < 0.17 \times 400 \times 10000 \times \frac{\sqrt{45}}{1000}$$

$$1984,74 \text{ KN} > 1505,32 \text{ KN} \quad (2 \text{ lapis tulangan})$$

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$400 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan 2 lapis tulangan.

4.3.8.5 Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u < \emptyset V_n ; V_u = 1984,74 \text{ kN}$$

$$V_n = A_{cv} [\alpha_c \sqrt{f'c} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{3}{3,3} = 0,909 < 2 ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0.25$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D16 ($A_s = 402,123 \text{ mm}^2$) dengan $s = 125 \text{ mm}$ pada arah vertikal dan horizontal

$$\rho_n = \frac{A_s}{d \times s} = \frac{402,123}{321,5 \times 125} = 0,01$$

$$V_n = 400 \times 3300 [0,25\sqrt{45} + 0,01 \times 420]$$

$$= 7761140,4 \text{ N} = 7761,1404 \text{ KN}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$1984,74 \text{ KN} < 5820,8553 \text{ KN} \quad (\text{OK})$$

4.3.8.6 Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.4 : Rasio tulangan Vertikal (ρ_l) tidak boleh kurang dari 0.0025

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.2 : Rasio tulangan Horizontal (ρ_t) tidak boleh kurang dari 0.0025

Dipakai tulangan vertikal dan horizontal 2Ø25 ($A_s = 981,747 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan :

$$\rho_n = \frac{A_s}{d \times s} = \frac{981,747}{321,5 \times 125} = 0,02 > 0,0025$$

4.3.8.7 Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1 : Spasi tulangan vertikal dan tulangan horizontal tidak boleh lebih dari 450 mm.

$$S \text{ pakai} = 125 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{L_w}{5} = \frac{3300}{5} = 660 \text{ mm}$$

$$s \leq 3 \times 400 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 125 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 : Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{L_w}{3} = \frac{3300}{3} = 1100 \text{ mm}$$

$$s \leq 3 \times 400 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 125 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

4.3.8.8 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

$$\frac{M_u}{W} + \frac{P_u}{A_c} > 0.2 f'c$$

$$\frac{1200498,43 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 400 \times 3000^2} + \frac{1893902 \times 10}{400 \times 3000} > 0,2 \times 45$$

$$35,79 \text{ MPa} > 9 \text{ MPa} \quad (\text{Butuh Komponen Batas})$$

$$c > \frac{l_w}{600\left(\frac{\delta u}{h_w}\right)} \quad ; \quad \frac{\delta u}{h_w} > 0.007$$

$$\frac{\delta u}{h_w} = \frac{21}{48000} = 0,0004375 < 0,007$$

Dari output spColumn didapatkan nilai $c = 508 \text{ mm}$

$$508 \text{ mm} > \frac{3300}{600(0,007)}$$

$$508 \text{ mm} > 785,714 \text{ mm} \quad (\text{Tidak butuh komponen batas})$$

Berdasarkan 2 syarat diatas salah satu syarat mengharuskan penggunaan komponen batas, maka berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, komponen batas harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari pada $(c - 0.1l_w)$ dan $c/2$

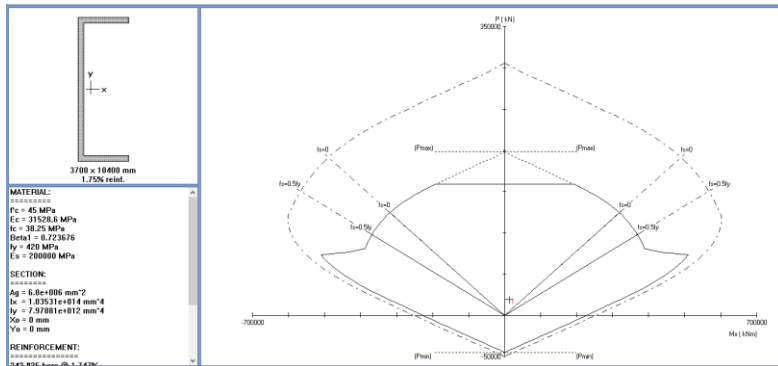
$$C - 0.1 L_w = 508 - 0,1(3300) = 178 \text{ mm}$$

$$C/2 = 508/2 = 254 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan komponen batas.

4.3.8.9 Kontrol Tulangan Longitudinal Dinding Geser

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan shearwall menggunakan program bantu SpColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 4. 24 Diagram Interaksi Shearwall arah X
Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal shearwall sebesar 320131,41 kNm.

$$\phi Mn = 288118,269 \text{ kNm} > Mu = 12004,98 \text{ kNm} \\ (\text{OK})$$

4.3.9 Perencanaan Balok Kopel

Balok kopel mempunyai peran penting dalam mendistribusikan geser dari satu dinding ke dinding lain yang terhubung, dan memungkinkan terjadinya deformasi yang cukup besar akibat geser yang bekerja pada sistem dinding. Adapun perhitungan balok kopel harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Persyaratan Geometris
SNI 2847:2013 pasal 21.9.7.1 dan pasal 21.9.7.2 memberikan beberapa ketentuan terkait dimensi dan gaya dalam yang bekerja, yaitu:
Balok kopel ini termasuk kategori $l_n/h < 2$, dimana:
Panjang balok kopel = 2200 mm
Tinggi balok kopel = 600 mm
Lebar balok kopel = 400 mm
Mutu beton ($f'c$) = 45 MPa
Mutu tulangan (f_y) = 420 MPa
Rasio tinggi/panjang = $600/2200 = 0,273 > 2$

$$\begin{aligned} V_u \text{ balok kopel} &= 553,827 \text{ kN} \\ \mu \text{ balok kopel} &= 383,1 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- a. Penentuan Kebutuhan Tulangan Diagonal
Kapasitas geser balok kontribusi beton

$$V_u > 0,33 \times \lambda \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c}$$

$$553,827 > 0,33 \times 1 \times (400 \times 600) \times \sqrt{45}$$

$$553,827 \text{ kN} > 531,289 \text{ kN}$$

Maka diperlukan penulangan diagonal pada balok.

Diasumsikan menggunakan tulangan diagonal D25 sebanyak 16 buah maka dapat ditentukan area tulangan diagonal (A_{vd}) sebesar :

$$\begin{aligned} A_{vd} &= A_s \times n \text{ tulangan} \\ &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times n \text{ tulangan} \\ &= 0,25 \times \pi \times 25^2 \times 16 \\ &= 7853,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan geser dan momen nominal diperlukan nilai $\cos \alpha$ dan $\sin \alpha$ atau kemiringan dari tulangan diagonal yang dipasang. Nilai tersebut dapat dicari dengan metode berikut:

$$\cos \alpha = \frac{\text{sisi samping}}{\text{sisi miring}}$$

$$\sin \alpha = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi miring}}$$

$$\text{Sisi samping} = \frac{L}{2} = \frac{2200}{2} = 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Sisi depan} = \frac{\text{titik berat tulangan diagonal terluar}}{2} = 201,5 \text{ mm}$$

$$\text{Sisi miring} = \sqrt{1100^2 + 201,5^2} = 1118,3 \text{ mm}$$

$$\cos \alpha = \frac{1100}{1118,3} = 0,984$$

$$\sin \alpha = \frac{201,5}{1118,3} = 0,18$$

Nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung gaya geser dan momen nominal sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal

21.9.7.4. Perhitungan gaya geser dan momen nominal adalah sebagai berikut:

- Gaya Geser Nominal

$$V_n = 2 \times A_{vd} \times f_y \times \sin \alpha \leq 0,83 \times A_{cw} \times \sqrt{f'_c}$$

$$V_n = 2 \times 7853,98 \times 420 \times 0,18 \leq 0,83 \times 240000 \times \sqrt{45}$$

$$V_n = 1188733,81 \text{ N} \leq 1336274,22 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 1188733,81 = 891550,36 \text{ N}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$891550,36 \text{ N} > 553827 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

- Momen Nominal

d' = jarak titik pusat tulangan diagonal ke muka beton terdekat

$$d' = \text{cover} + \phi_{\text{sengkang}} + D_{\text{lentur}} + \text{titik berat diagonal}$$

$$d' = 50 + 16 + 25 + 100 = 191 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_{vd} \times f_y \times \cos \alpha) \times (h - 2d')$$

$$M_n = (7853,98 \times 420 \times 0,984) \times (600 - 2 \times 191)$$

$$M_n = 707340863 \text{ Nmm} = 707,341 \text{ kNm}$$

M_n penampang kontribusi tulangan longitudinal sekeliling balok (8D25):

$$A_s = 8 \times 490,87 = 3926,99 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{3926,99 \times 420}{0,85 \times 45 \times 400} = 107,8 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 3926,99 \times 420 \times \left(521,5 - \frac{107,8}{2}\right)$$

$$M_n = 771,229 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \text{ Total} = M_n \text{ tul. Diagonal} + M \text{ tul. Longitudinal}$$

$$\phi M_n \text{ Total} = 0,9 (707,341 + 771,229)$$

$$\phi M_n \text{ Total} = 1330,71 \text{ kNm} > M_u = 383,1 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

- Penentuan Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.2, panjang penyaluran tulangan pada balok kopel adalah sebagai berikut;

- $L_{dh} = 1,25 \times 3,25 \frac{f_y \times d_b}{5,4 \sqrt{f_{rc}}} = 1,25 \times 3,25 \frac{420 \times 25}{5,4 \sqrt{45}}$
 $L_{dh} = 1177,56 \text{ mm}$
- $L_{dh} = 1,25 \times 3,25 \times 8d_b = 1,25 \times 3,25 \times 8 \times 25$
 $L_{dh} = 812,5 \text{ mm}$
- $L_{dh} = 1,25 \times 3,25 \times 150 = 609,375 \text{ mm}$

Maka panjang penyaluran yang digunakan adalah 1177,56 mm \approx 1200 mm

c. Penentuan Tulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.7.4 (c) dan (d), penentuan tulangan transversal pada balok kopel adalah sebagai berikut;

Direncanakan tulangan Senggang D16 ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$)

- Tulangan transversal untuk pengeangan diagonal individu

$$\text{Area parallel } b_w = \frac{b_w}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Arah lainnya} = \frac{b_w}{5} = \frac{400}{5} = 80 \text{ mm}$$

$$A_g = (200 + 40) \times (200 + 40) = 57600 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,3 \times b_c \times f_{rc}}{f_y} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] = \frac{0,3 \times 240 \times 45}{420} \left[\frac{57600}{200 \times 200} - 1 \right]$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 3,394 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \times b_c \times f_{rc}}{f_y} = \frac{0,09 \times 240 \times 45}{420} = 2,314 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka, diambil luas tulangan senggang perlu A_{sh}/s sebesar $3,394 \text{ mm}^2/\text{mm}$. Ambil $s = 150 \text{ mm}$ sehingga $A_{sh} = 509,14 \text{ mm}^2$.

Dengan menggunakan D16, maka

$$n = \frac{A_{sh}}{A_{s \text{ D16}}} = \frac{509,14}{201,06} = 2,53 \approx 3 \text{ buah tulangan}$$

Maka digunakan senggang D16-150 mm sebanyak 3 buah.

- Tulangan transversal untuk pengekanan penuh penampang

$$\text{Tinggi bersih} = 600 - (2 \times 50) = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar bersih} = 400 - (2 \times 50) = 300 \text{ mm}$$

$$A_g = 600 \times 400 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = 500 \times 300 = 150000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,3 \times b_c \times f_c}{f_y} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] = \frac{0,3 \times 300 \times 45}{420} \left[\frac{240000}{150000} - 1 \right]$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 5,786 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \times b_c \times f_c}{f_y} = \frac{0,09 \times 300 \times 45}{420} = 2,893 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka, diambil luas tulangan *confinement* perlu A_{sh}/s sebesar $5,786 \text{ mm}^2/\text{mm}$. Ambil $s = 150 \text{ mm}$ sehingga $A_{sh} = 867,86 \text{ mm}^2$.

Dengan menggunakan D16, maka

$$n = \frac{A_{sh}}{A_{s \text{ D16}}} = \frac{867,86}{201,06} = 4,32 \approx 5 \text{ buah tulangan}$$

Maka digunakan sengkang D16-150 mm sebanyak 5 buah.

- d. Tulangan Longitudinal dan Transversal Tambahan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.7.4 (c), diperlukan tulangan longitudinal dan transversal tambahan hingga minimum sebesar $0,002 b_w \times s$ pada masing-masing arah dengan spasi tidak melebihi 300 mm.

- Tulangan transversal untuk pengekanan diagonal individu

Direncanakan penambahan 2 buah D25 dengan spasi 150 mm.

$$A_s = 2 \times A_s \text{ D25} = 981,75 \text{ mm}^2$$

$$0,002 \times b_w \times s = 0,002 \times 200 \times 150 = 60 \text{ mm}^2$$

$$A_s > 0,002 \times b_w \times s$$

- Tulangan transversal untuk pengekanan penuh penampang

Direncanakan penambahan 2 buah D25 dengan spasi 150 mm pada masing-masing sisi sehingga total jumlah tulangan sebanyak 16 buah D25.

$$A_s = 16 \times A_s \text{ D25} = 7853,98 \text{ mm}^2$$

$$0,002 \times b_w \times s = 0,002 \times 400 \times 150 = 120 \text{ mm}^2$$

$$A_s > 0,002 \times b_w \times s$$

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 pada sistem pracetak merupakan bagian yang sangat penting. Bagian ini berfungsi untuk meneruskan gaya antar setiap elemen pracetak yang disambung. Kelemahan konstruksi sistem pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang kaku atau *monolit* sehingga lemah dalam menahan beban gempa. Untuk itu sambungan direncanakan supaya memiliki kekakuan seperti beton *monolit*. Elemen pracetak dengan tuangan beton di atasnya (*in situ*), diharapkan sambungan elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur yang monolit. Gaya dapat disalurkan antara komponen struktur dengan menggunakan sambungan *grouting*, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat atau kombinasi dengan cara-cara tersebut. Sambungan elemen pracetak meliputi sambungan pelat pracetak dengan balok pracetak, sambungan balok induk pracetak dengan dengan balok anak pracetak, sambungan balok pracetak dengan dengan kolom pracetak.

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.

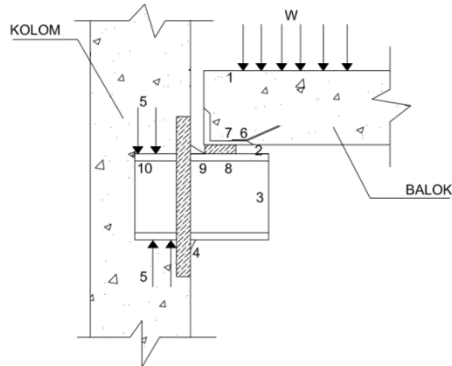
Dalam pelaksanaan kontruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga ditinjau *serviceability*, kekuatan, dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut.

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

1. Mekanisme Pemindahan Beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam. Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diambil contoh seperti gambar 4. di mana pemindahan beban diteruskan ke kolom dengan melalui tahap sebagai berikut:



Gambar 4. 25 Mekanisme Pemindahan Beban

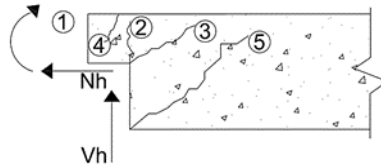
1. Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
2. Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
3. *Haunch* menyerap gaya vertikal dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
4. Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.
5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Balok beton ke tulangan dengan lekatan / ikatan.
2. Tulangan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
3. Baja siku di ujung balok ke *haunch* melalui gesekan di atas dan di bawah *bearing pads*. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada *pads*.
4. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
5. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh *stud* ke kolom beton melalui ikatan / lekatan.

2. Pola-pola Kehancuran

Sebagian perencanaan diharuskan untuk menguji masing masing pola-pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan sederhana dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. 26 Model Keruntuhan

PCI Design Handbook pasal 4.6.3 memberikan 5 pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan *dapped-end* dari balok yaitu sebagai berikut

- 1) Lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
- 2) Geser langsung antar tonjolan dengan bagian utama balok
- 3) Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung
- 4) Tarik diagonal pada ujung akhir
- 5) Perletakan pada ujung atau tonjolan

3. Klasifikasi Sistem dan Sambungannya

Sistem pracetak diklasifikasikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambungan.

a. Lokasi Penyambungan

Portal daktail dapat dibagi sesuai dengan letak penyambung dan lokasi yang diharapkan terjadi pelelehan atau tempat sendi daktailnya. Simbol-simbol di bawah ini digunakan untuk mengidentifikasi perilaku dan karakteristik pelaksanaannya.

- *Strong*, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak akan leleh akibat gempa-gempa yang besar.

- *Sendi*, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
 - *Daktail*, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemencar energi.
 - Lokasi sendi plastis.
- b. Jenis Alat Penyambung
- *Shell pracetak* dengan bagian intinya di cor beton setempat
 - *Cold joint* yang diberi tulangan biasa atau yang diberi tulangan pracetak parsial, di mana bagian *joint* di-*grout*.
 - *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, di mana bagian *joint* tidak di-*grout*.
 - Sambungan-sambungan mekanik

Pada tugas akhir ini direncanakan sistem balok pracetak yang mampu menumpu pada kolom pracetak dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pencapaian penyambungan sebelum komposit sehingga mencapai kekuatan yang benar-benar monolit (menyatu dan berkesinambungan).

4.5.3 Penggunaan Topping Beton

Penggunaan *topping* beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan. Tujuan utamanya adalah :

- 1) Untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan diafragma horizontal yang cukup kaku.
- 2) Agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertikal antar komponen pracetak lebih merata.
- 3) Meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau *camber* mereduksi kebocoran air.

Tebal *topping* umumnya berkisar antara 40 mm sampai 100 mm. Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak

melampaui $5,50 \text{ kg/cm}^2$. Bila tegangan geser tersebut dilampaui, maka *topping* beton tidak boleh dianggap sebagai struktur komposit, melainkan harus dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut. Kebutuhan baja tulangan pada *topping* dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (*shear friction concept*) berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.11.9.3.

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} \geq A_{vf \text{ min}}$$

Di mana :

A_{vf} = luas tulangan geser friksi

V_n = geser nominal $< 0,2 f_c A_c$ (N)
 $< 5,5 A_c$ (N)

A_c = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

f_y = kuat leleh tulangan

μ = koefisien friksi (1)

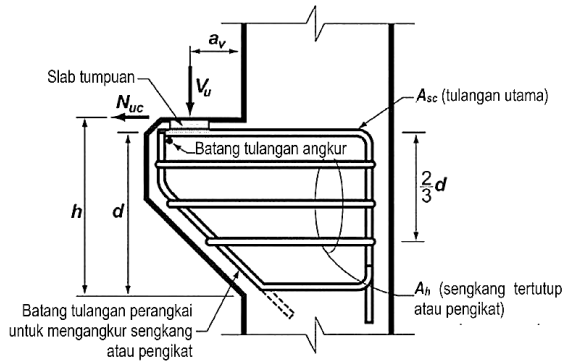
$A_{vf \text{ min}} = 0,018 A_c$ untuk baja tulangan mutu $f_y < 400 \text{ MPa}$

$= 0,018 \times 400/f_y$ untuk tulangan $f_y > 400 \text{ MPa}$ diukur pada tegangan leleh 0,35% dalam segala hal tidak boleh kurang dari $0,0014 A_c$

4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok Induk – Kolom

4.5.1 Perencanaan Konsol Pendek pada Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 4.59 berikut ini:



Gambar 4. 27 Geometrik Konsol Pendek

Ketentuan SNI 2847:2013 pasal 11.8 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut:

- a. Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak lebih besar dari satu, dan dikenai gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc} , tidak lebih besar daripada V_u . Tinggi efektif d harus ditentukan di muka tumpuan
- b. Tinggi di tepi luar luas tumpuan tidak boleh kurang dari $0,5d$
- c. Penampang di muka tumpuan harus didesain untuk menahan secara bersamaan V_u suatu momen terfaktor $[V_{ua} + N_{uc}(h-d)]$, dan gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc}
 - 1) Dalam semua perhitungan desain yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8, ϕ harus diambil sama dengan $0,75$
 - 2) Desain tulangan geser-friksi A_{vf} untuk menahan V_u harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.6:
 - a) Untuk beton berat normal, V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,2f'_c b_w d$, $(3,3+0,08f'_c)b_w d$ dan $11b_w d$.
 - b) Untuk beton ringan atau ringan pasir, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari $(0,2 - 0,07 \frac{a}{d}) f'_c b_w d$ dan $(5,5 - 1,9 \frac{a}{d}) b_w d$.
 - c) Tulangan A_f untuk menahan terfaktor

- $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ harus dihitung menurut SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3
- d) Tulangan A_n untuk menahan gaya tarik terfaktor N_{uc} harus ditentukan dari $\phi A_n f_y \geq N_{uc}$. Gaya tarik terfaktor, N_{uc} tidak boleh diambil kurang dari $0,2V_u$ kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya tarik. N_{uc} harus dianggap sebagai beban hidup bahkan bilamana tarik yang dihasilkan dari kekangan rangkang, susut, atau perubahan suhu.
 - e) Luas tulangan Tarik utama A_{sc} tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari $(A_f + A_n)$ dan $\left(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n\right)$
 - d. Luas total A_h , sengkang tertutup atau pengikat paralel terhadap tulangan tarik utama tidak boleh kurang dari $0,5(A_{sc} - A_n)$, Distribusikan A_h secara merata dalam $(2/3)d$ bersebelahan dengan tulangan tarik utama
 - e. $\frac{A_{sc}}{bd}$ tidak boleh kurang dari $0,04 \frac{f_r c}{f_y}$
 - f. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkur dengan salah satu dari berikut :
 - 1) Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan f_y tulangan tarik utama;
 - 2) Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal; atau
 - 3) Dengan suatu cara pengankuran baik lainnya
 - g. Luas tumpuan pada konsol pendek tidak boleh menonjol melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama A_s , ataupun menonjol melampaui muka dalam dari batang tulangan angkur transversal (bila batang tulangan tersebut disediakan).

4.5.2 Perhitungan Konsol Pendek pada Kolom

Dalam perencanaan konsol pendek, akan diberikan contoh perhitungan konsol pada kolom dan balok 55/80 cm. Berikut merupakan perhitungan konsol pendek pada kolom.

- Data perencanaan
 $V_u = 378,122 \text{ kN}$ (ETABS)
 Dimensi Balok = 55/80 cm
 Dimensi konsol :
 Lebar konsol (b) = 600 mm
 Tinggi konsol (h) = 400 mm
 $d' = 400 - 50 - 16/2 = 342 \text{ mm}$
 $f_c' = 45 \text{ MPa}$
 $f_y = 420 \text{ MPa}$
 $a = 200 \text{ mm}$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847-2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 03-2847 2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

$$a/d = 200 / 342 = 0,585 < 1 \dots \text{OK}$$

$$N_{uc} \leq V_u$$

$$N_{uc} = 0,2 \times 378122 = 75620 \text{ N} \leq 378122 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat

geser

V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{378,122}{0,75} = 504,16 \text{ kN} = 504160 \text{ N}$$

- Menentukan Pelat landasan

$$V_u = \phi \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{378122}{0,85 \times 45 \times 0,75} = 13180 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $300 \times 200 \text{ mm}^2 = 60000 \text{ mm}^2$ (tebal 15 mm)

- Menentukan Luasan Tulangan Geser Friksi
 Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2.1, untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$0,2 f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 45 \times 600 \times 342$$

$$= 1846800 \text{ N} > V_n = 504160 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

$$(3,3+0,08 f_c') \times b_w \times d = (3,3+0,08 \times 45) \times 600 \times 342$$

$$= 1415900 \text{ N} > V_n = 504160 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

$$11 \times b_w \times d = 11 \times 550 \times 339$$

$$= 2257200 \text{ N} > V_n = 504160 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{504160}{420 \times 1,4} = 857,42 \text{ mm}^2$$

- Menentukan Luas Tulangan Lentur
 Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$M_u = V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d)$$

$$= (378122 \times 200) + (75620 \times (400-342))$$

$$= 80011000 \text{ Nmm} = 80,011 \text{ kNm}$$

$$A_{vf1} = \frac{M_u}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{vf1} = \frac{80011000}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 342} = 873,76 \text{ mm}^2$$

$$A_{vf2} = \frac{V_n}{\mu \times f_y} = \frac{504160}{1,4 \times 420} = 857,42 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_{vf} = 873,76 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok As :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{75620}{0,75 \times 420} = 240,08 \text{ mm}^2$$

- Pemilihan Tulangan
 Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5
 $A_s = A_f + A_n = 873,76 + 240,08 = 1113,84 \text{ mm}^2$

$$A_s = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right)$$

$$= \left(\frac{2 \times 873,76}{3} \right) + 240,08 = 811,69 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{f_c}{f_y} \right) b \times d$$

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{45}{420} \right) \times 600 \times 342$$

$$A_{s_{\min}} = 879,43 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$A_h = 0,5 (A_s - A_n)$$

$$= 0,5 (1113,84 - 240,08) = 436,88 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan A_s 6D16 ($A_{s_{\text{total}}} = 1206,4 \text{ mm}^2$) $>$ $A_{s_{\text{perlu}}} = 1113,84 \text{ mm}^2$ (OK)

Dipasang tulangan A_h 4D13 ($A_{h_{\text{total}}} = 530,93 \text{ mm}^2$) $>$ $A_{h_{\text{perlu}}} = 436,88 \text{ mm}^2$ (OK)

$$\text{Dipasang sepanjang } (2/3)d = 2/3 \times 342 = 228 \text{ mm}$$

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Konsol Pendek

Sambungan	V_u (kN)	N_u (kN)	Ukuran		$D_{longitudinal}$ l_1 (mm)	$D_{transversal}$ (mm)	A_{sc} (mm ²)	n (buah)	A_h (mm ²)	n (buah)
			b (mm)	h (mm)						
Kolom - Balok Induk 55/80	394.33	78.87	600	400	16	13	1161.59	6.00	455.61	4.00
Kolom - Balok Induk 50/75	416.39	416.39	600	400	16	13	1226.55	7.00	481.09	4.00
Balok Induk 55/80 - Balok Anak	128.65	28.13	350	250	13	13	391.47	3.00	151.08	2.00
Balok Induk 50/75 - Balok Anak	119.31	113.10	300	200	13	13	399.43	4.00	163.81	2.00

4.5.3 Perhitungan Sambungan Balok Induk-Kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

$$\begin{aligned} d_b &= 25 \text{ mm} \\ f_c' &= 45 \text{ MPa} \\ f_y &= 420 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- a) Panjang Penyaluran Tulangan Deform dalam Tekan
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2 maka :

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,24f_y/\lambda\sqrt{f_c'})d_b \\ &\geq (0,24 \times 420/1\sqrt{45})25 \\ &\geq 375,659 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,043f_y)d_b \\ &\geq (0,043 \times 420)25 \\ &\geq 451,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai $l_d = 451,5 \approx 460 \text{ mm}$.

- b) Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1, maka :

- $l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} = (0,24\psi_e f_y/\lambda \sqrt{f_c'}) d_b$
 $= (0,24 \times 1 \times 420/1 \times \sqrt{45}) \times 25 = 375,659 \text{ mm}$

Maka dipakai $l_{dh} = 380 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$.

Pada proses penyambungan antara kolom dan balok induk dilakukan overtoping atau cor setempat (in situ) dengan panjang

penyaluran yang masuk ke area kolom lalu dilakukan pengecoran kolom tersebut sampai setinggi balok. Adapun pada pengecoran tersebut dilakukan bersamaan dengan penyambungan *overtopping* dan balok.

4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok Induk - Balok Anak

Sistem sambungan antara balok induk dengan balok anak pada perencanaan ini menggunakan mekanisme konsol dan untuk penyambungannya digunakan metode coupler dari produk NMB Splice Coupler lalu dilakukan *inject grouting*.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan. Contoh diambil pada pertemuan antara Balok Anak 45/65 cm dan Balok Induk 50/75 cm.

$$\begin{aligned} d_b &= 25 \text{ mm} \\ f_c' &= 45 \text{ MPa} \\ f_y &= 420 \text{ MPa} \end{aligned}$$

a) Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2 maka :

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,24f_y/\lambda\sqrt{f_c'})d_b \\ &\geq (0,24 \times 420/1\sqrt{45})25 \\ &\geq 375,659 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,043f_y)d_b \\ &\geq (0,043 \times 420)25 \\ &\geq 451,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai $l_d = 451,5 \approx 460 \text{ mm}$.

b) Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1, maka :

- $l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad l_{dh} &= (0,24 \psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'c}) d_b \\
 &= (0,24 \times 1 \times 420 / 1 \times \sqrt{45}) \times 25 = 375,659 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai $l_{dh} = 380$ mm dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \text{ db} = 12 \times 25 = 300$ mm.

Pada proses penyambungan antara balok anak dan balok induk digunakan coupler untuk keperluan *inject grouting* yang didapat dari produk *NMB Splice Sleeve*.

4.5.5 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan tumpuan yang dipasang memanjang melintas tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud – stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud-studnya tersebut diberi *overtopping* dengan cor setempat. Proses *overtopping* tersebut dilakukan bersamaan dengan proses penyambungan *overtopping* balok pracetak (sambungan balok induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua proses penyambungan *overtopping* pada masing-masing komponen pracetak dapat dilakukan dalam waktu bersamaan.

- **Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Type A**

Bedasarkan perhitungan pada bab sebelumnya, didapatkan hasil penulangan pada pelat type A (PL A) sebagai berikut :

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

$$\text{Tulangan utama} \quad - \text{As perlu} \quad : 280,409 \text{ mm}^2$$

$$\text{As terpasang} \quad : 314,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bagi} \quad - \text{As perlu} \quad : 225 \text{ mm}^2$$

$$\text{As terpasang} \quad : 235,62 \text{ mm}^2$$

- a) Penyaluran Arah X

- Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik l_d tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$l_d > \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$l_d > \left(\frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{45}} \right) 10 = 298,14 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik $l_d = 300 \text{ mm}$

- 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 :

$$l_{dc} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f_c}} db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{45}} 10 = 150,26 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > 0.043 \times f_y \times db = 0.043 \times 420 \times 10 = 180,6 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

b) Penyaluran Tulangan Bagi

- Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik l_d tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$l_d > \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$l_d > \left(\frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{45}} \right) 10 = 298,14 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik $l_d = 300 \text{ mm}$

- 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 :

$$l_{dc} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > \frac{0.24f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{45}} 10 = 150,26 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > 0.043 \times f_y \times d_b = 0.043 \times 420 \times 10 = 180,6 \text{ mm}$$

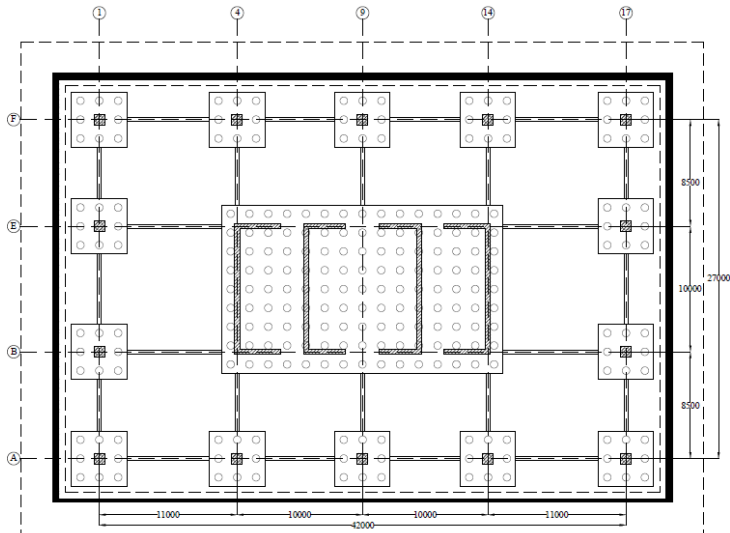
Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan l_{dc} = 200 mm

4.6 Perencanaan Basement

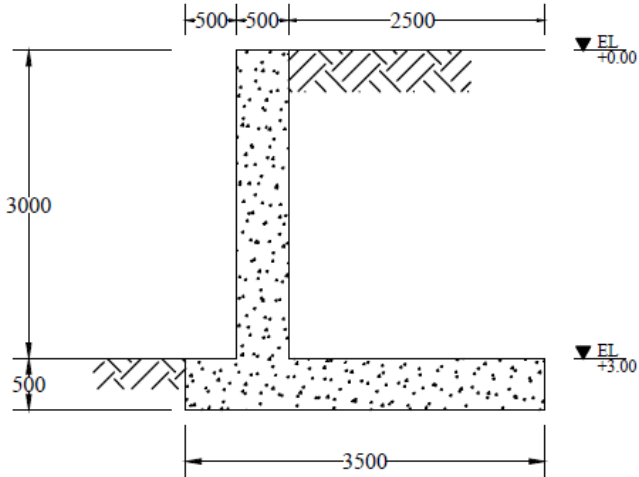
4.6.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah Basement

Dinding penahan tanah adalah dinding yang memiliki fungsi sebagai penahan tanah agar kondisi tanah terus stabil dan tidak terjadi kolongseran karena gaya horizontal yang bekerja antara dinding dan massa tanah yang ditahan.

a. Data Perencanaan



Gambar 4. 28 Denah Perencanaan Dinding Penahan Tanah



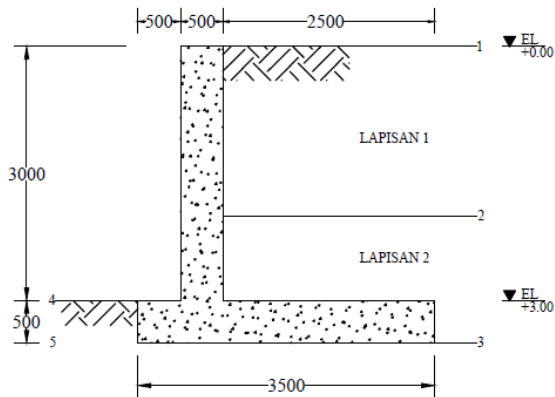
Gambar 4. 29 Detail Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Berikut merupakan parameter tanah yang digunakan untuk perencanaan dinding penahan tanah basement:

Tabel 4. 38 Parameter Tanah

Parameter	Satuan	Kedalaman	
		0 - 2 m	2 - 4 m
γ sat	kN/m^3	16,571	15,143
γ dry	kN/m^3	12,342	11,126
γ air	kN/m^3	9,81	9,81
kohesi (cu)	kN/m^2	5,714	3,929
Sudut Geser (ϕ)	$^{\circ}$	28,84	29,67
DR	%	26	16

b. Perhitungan Tegangan yang Terjadi



Gambar 4. 30 Penentuan Titik dan Pembagian Lapisan Tanah

- Tekanan Vertikal (σ_v)

Tegangan vertikal tanah dihitung pada setiap titik yang telah digambarkan pada Gambar 4.27. Berikut adalah contoh perhitungan tegangan vertikal tanah pada titik 2 dan 3.

$$\sigma_v (2) = \gamma_d \times h = 12,342 \times 2 = 24,684 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_v (3) &= \gamma_d \times h + \sigma_v (2) \\ &= 12,342 \times 2 + 24,684 = 41,373 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 39 Tegangan Vertikal (σ_v)

Titik	Jenis	H (m)	γ dry (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)
1	Aktif	0	12.342	0
2		2	12.342	24.684
3		1.5	11.126	41.373
4	Pasif	0	0	0
5		0.5	11.126	5.563

- Koefisien Tanah Aktif (K_a) dan Pasif (K_p)

Koefisien tanah untuk tanah aktif dan tanah pasif dihitung sebagai berikut :

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{28,84}{2} \right) = 0,3492$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 + \frac{28,84}{2} \right) = 2,864$$

- Tegangan Horizontal (σ_h)

Perhitungan tegangan horizontal tanah berdasarkan pembagian lapisan tanah yang telah dijelaskan pada Gambar 4.27. Berikut adalah contoh perhitungan tegangan horizontal aktif tanah pada lapisan 2.

$$\begin{aligned} \sigma_h \text{ (atas)} &= (\sigma_v \times K_a) - 2 \times c \sqrt{K_a} \\ &= (24,684 \times 0,3492) - 2 \times 5,714 \times \sqrt{0,3492} \\ &= 1,866 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h \text{ (bawah)} &= (\sigma_v \times K_a) - 2 \times c \sqrt{K_a} \\ &= (41,373 \times 0,3492) - 2 \times 3,929 \times \sqrt{0,3492} \\ &= 9,804 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Berikut adalah contoh perhitungan tegangan horizontal aktif pasif.

$$\begin{aligned} \sigma_h \text{ (atas)} &= (\sigma_v \times K_p) + 2 \times c \sqrt{K_p} \\ &= (0 \times 2,864) + 2 \times 3,929 \times \sqrt{2,864} \\ &= 1,866 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

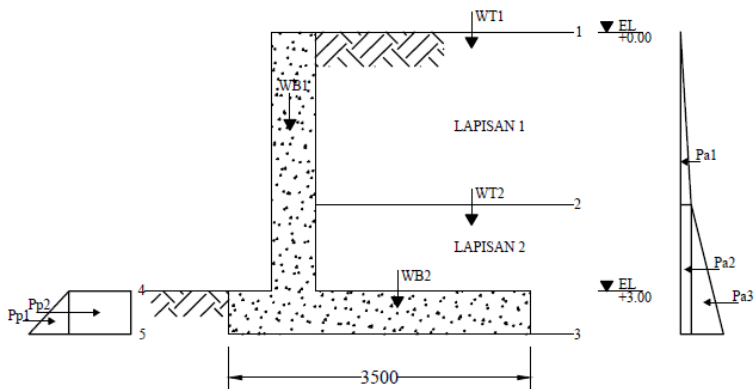
$$\begin{aligned} \sigma_h \text{ (bawah)} &= (\sigma_v \times K_p) + 2 \times c \sqrt{K_p} \\ &= (5,563 \times 2,864) + 2 \times 3,929 \times \sqrt{2,864} \\ &= 29,23 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. 40 Tegangan Horizontal (σ_h)

Lapisan	Jenis	Lokasi	σ_v (kN/m ²)	$\sigma_v k$ (kN/m ²)	$2 c K^{0.5}$ (kN/m ²)	σ_h (kN/m ²)
1	Aktif	Atas	0	0	6.753	0
		Bawah	24.684	8.620	6.753	1.866
2	Aktif	Atas	24.684	8.620	6.753	1.866
		Bawah	41.373	14.447	4.644	9.804
3	Pasif	Atas	0	0	13.298	13.298
		Bawah	5.563	15.932	13.298	29.231

c. Perhitungan Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

Perhitungan gaya dorong (Pa) dan gaya tahan (Pp) baik akibat tanah atau air dihitung berdasarkan luasan pada diagram yang digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. 31 Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

Berikut merupakan nilai gaya dorong (Pa) dan gaya tahan (Pp) yang terjadi pada dinding penahan tanah :

Tabel 4. 41 Nilai Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

No	P	Nilai
		kN/m
1	Pa1	1.8665
2	Pa2	2.7997
3	Pa3	5.9531
4	Pp1	3.9831
5	Pp2	6.6492
6	Wt1	61.71
7	Wt2	27.815
8	Wb1	42
9	Wb2	36

d. Kontrol Guling

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan momen pada dinding penahan tanah :

Tabel 4. 42 Perhitungan Momen pada Kontrol Guling

No	P	Nilai	L	Momen
		kN/m	m	kNm/m
1	Pa1	1.866	2.16667	4.044
2	Pa2	2.800	0.75	2.100
3	Pa3	5.953	0.5	2.977
4	Pp1	3.983	0.1667	0.664
5	Pp2	6.649	0.25	1.662
6	Wt1	61.710	2.25	138.848
7	Wt2	27.815	2.25	62.584
8	Wb1	42	1.75	73.5
9	Wb2	36	0.75	27

$$\begin{aligned}
 \text{FS guling} &= \frac{MPp1+MPp2+MWt1+WMt2+MWb1+MWb2}{\frac{MPa1+MPa2+MPa3}{4,044+2,1+2,977}} \\
 &= \frac{0,664+1,662+138,848+62,584+73,5+27}{4,044+2,1+2,977} \\
 &= 33,36 > 3 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

e. Kontrol Geser

Perhitungan kontrol gaya geser pada dinding penahan tanah dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned}
 \text{FS geser} &= \frac{(\sum V) \tan \delta + b \times c + Pp1 + Pp2}{\frac{Pa1+Pa2+Pa3}{1,866+2,8+5,953}} \\
 &= \frac{49,298+13,752+3,983+6,649}{1,866+2,8+5,953} \\
 &= 6,9385 > 1,5 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

f. Penulangan Dinding Penahan Tanah

Berikut merupakan data perencanaan penulangan dinding penahan tanah.

Mutu beton	= 40 MPa
Mutu baja tulangan	= 420 MPa
Diameter tulangan lentur	= 19 mm
Luas penampang lentur	= 283,53 mm ²
Tebal selimut (<i>cover</i>)	= 50 mm

- Penulangan Dinding

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{cover} - db - 0,5 db = 500 - 50 - 19 - 0,5 \times 19 \\
 d &= 421,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{40 - 28}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0273$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

Berikut merupakan perhitungan penulangan lentur dinding

DPT :

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{12768546,5}{0,9 \times 1000 \times 421,5^2} = 0,079$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,079}{420}} \right) = 0,0002$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka digunakan ρ_{min}

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00376$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,00376 \times 1000 \times 421,5$$

$$A_s \text{ perlu} = 1586,78 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1586,78}{283,53} = 5,59 \approx 6 \text{ buah tulangan}$$

$$S = \frac{1000}{5,59} = 178,68$$

Maka tulangan lentur yang digunakan adalah 170 mm.

Perhitungan tulangan bagi :

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00376$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,00376 \times 1000 \times 421,5$$

$$A_s \text{ perlu} = 1586,78 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1586,78}{283,53} = 5,59 \approx 6 \text{ buah tulangan}$$

$$S = \frac{1000}{5,59} = 178,68$$

Maka tulangan bagi yang digunakan adalah 170 mm.

- Penulangan Toe dan Heel

$$d = h - \text{cover} - 0,5 d_b = 500 - 50 - 0,5 \times 19$$

$$d = 440,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{12768546,5}{0,9 \times 1000 \times 440,5^2} = 0,073$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,073}{420}} \right) = 0,00017$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka digunakan ρ_{min}

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00376$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,00376 \times 1000 \times 440,5$$

$$A_s \text{ perlu} = 1658,31 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1658,31}{283,53} = 5,84 \approx 6 \text{ buah tulangan}$$

$$S = \frac{1000}{5,84} = 170,97$$

Maka tulangan lentur yang digunakan adalah 170 mm.

Perhitungan tulangan bagi :

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00376$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,00376 \times 1000 \times 421,5$$

$$A_s \text{ perlu} = 1586,78 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1658,31}{283,53} = 5,84 \approx 6 \text{ buah tulangan}$$

$$S = \frac{1000}{5,8} = 170,97$$

Maka tulangan bagi yang digunakan adalah 170 mm.

4.6.2 Perencanaan Pelat Dasar Lantai Basement

Perhitungan pelat basement dengan dimensi 10000 mm x 11000 mm yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya. Untuk pelat lantai basement tidak menggunakan beton *precast* melainkan menggunakan beton *cor in situ*. Beban-beban untuk Perkantoran berdasarkan SNI 03-1727-2013.

Data perencanaan :

Elevasi basement = -3 m (+0,00 adalah permukaan tanah asli)

Elevasi muka air tanah = -7 m

Berat jenis air = 1 t/m³

Tebal pelat	= 300 mm
Selimit beton	= 40 mm
$f'c$	= 45 MPa
f_y	= 420 MPa

a. Penulangan Akibat Beban Parkir

Pembebanan;

Beban Mati

- Berat Sendiri Pelat	= $0,3 \times 2400 = 720 \text{ kg/m}^2$
- Berat Spesi 2cm	= $2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
- qd	= 762 kg/m^2

Beban Hidup

- Lantai Parkir	= 400 kg/m^2
- ql	= 400 kg/m^2

Kombinasi pembebanan

- qu	= $1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$
	= $1554,4 \text{ kg/m}^2$

Dengan menggunakan koefisien momen pada PBI 1971 Tabel 13.3.1, didapatkan persamaan momen untuk nilai $\beta = 1,1$ yaitu sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0,001 \times q_l x^2 \times X = 0,001 \times 1554,4^2 \times 25 = 3886 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times q_l x^2 \times X = 0,001 \times 1554,4^2 \times 21 = 3949,73 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \times q_l x^2 \times X = -0,001 \times 1554,4^2 \times 59 = 9170,96 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q_l x^2 \times X = -0,001 \times 1554,4^2 \times 54 = 10156,45 \text{ kgm}$$

Karena cara perhitungan penulangan lapangan maupun tumpuan tidak berbeda, maka di bawah ini dicontohkan untuk perhitungan tulangan lapangan arah X dan arah Y.

- Penulangan Lapangan Arah X

Diameter tulangan = 13 mm

$$d_x = 300 - 40 - 0,5 \times 13 = 253,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 300 - 40 - 13 - 0,5 \times 13 = 240,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{45 - 28}{7} = 0,728$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,728 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,039$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0293$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{420} = 0,00399 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3886}{0,9 \times 1000 \times 253,5^2} = 0,67$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,67}{420}} \right) = 0,0016$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00399$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,00399 \times 1000 \times 253,5$$

$$A_s \text{ perlu} = 1012,22 \text{ mm}^2$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1012,22 \times 420}{0,85 \times 45 \times 1000} = 11,11 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,11}{0,728} = 15,25 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{253,5 - 15,25}{15,25} \right) \times 0,003 = 0,047$$

$$\epsilon_t = 0,047 > 0,005 \quad (\text{OK})$$

Jadi faktor $\phi=0,9$ dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900$ mm
- 450 mm

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 253,5^2 \times 1000}{1012,22} = 131,13 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah D13 – 125 mm

- Penulangan Lapangan Arah Y

Diameter tulangan = 13 mm

$$d_x = 300 - 40 - 0,5 \times 13 = 253,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 300 - 40 - 13 - 0,5 \times 13 = 240,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{45 - 28}{7} = 0,728$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,728 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,039$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0293$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{420} = 0,00399 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3949,73}{0,9 \times 1000 \times 240,5^2} = 0,76$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,76}{420}} \right) = 0,00182$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00399$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,00399 \times 1000 \times 240,5 \\ \text{As perlu} &= 960,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{960,31 \times 420}{0,85 \times 45 \times 1000} = 10,54 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,54}{0,728} = 14,47 \text{ mm}$$

$$e_t = \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{240,5-14,47}{14,47} \right) \times 0,003 = 0,0468$$

$$e_t = 0,0468 > 0,005 \quad (\text{OK})$$

Jadi faktor $\emptyset=0,9$ dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum

$$- S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 240,5^2 \times 1000}{960,31} = 138,22 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah D13 – 125 mm

Dengan cara yang sama, didapatkan rekapitulasi pada Tabel 4.38

Tabel 4. 43 Rekapitulasi Penulangan Akibat Beban Parkir

Mx	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 16 – 175 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 13 – 125 mm
My	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 16 – 150 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 13 – 125 mm

b. Penulangan Akibat Gaya Uplift Air

$$q \text{ air} = (-3-(-7)) \times 1000 = 4000 \text{ kg/m}^2$$

Beban air tersebut akan menjadi beban uplift pada pelat basemnet sehingga akan membuat pelat mengalami momen negatif.

Dengan menggunakan koefisien momen pada PBI 1971 Tabel 13.3.1, didapatkan persamaan momen untuk nilai $\beta = 1,1$ yaitu sebagai berikut :

$$Mlx = 0,001 \times qlx^2 \times X = 0,001 \times 4000^2 \times 25 = 10000 \text{ kgm}$$

$$Mly = 0,001 \times qlx^2 \times X = 0,001 \times 4000^2 \times 21 = 10164 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0,001 \times qlx^2 \times X = -0,001 \times 4000^2 \times 59 = 23600 \text{ kgm}$$

$$Mty = -0,001 \times qlx^2 \times X = -0,001 \times 4000^2 \times 54 = 26136 \text{ kgm}$$

Karena cara perhitungan penulangan lapangan maupun tumpuan tidak berbeda, maka di bawah ini dicontohkan untuk perhitungan tulangan lapangan arah X dan arah Y.

- Penulangan Lapangan Arah X

Diameter tulangan = 19 mm

$$dx = 300 - 40 - 0,5 \times 19 = 250,5 \text{ mm}$$

$$dy = 300 - 40 - 19 - 0,5 \times 19 = 231,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{fc' - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{45 - 28}{7} = 0,728$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0,85 \times 0,728 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,039$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0293$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho_{min} = 0,0018$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{fc'}}{fy} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{420} = 0,00399 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{10000}{0,9 \times 1000 \times 250,5^2} = 1,77$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 1,77}{420}} \right) = 0,0043$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0043$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,0043 \times 1000 \times 250,5$$

$$A_s \text{ perlu} = 1081,73 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1081,73 \times 420}{0,85 \times 45 \times 1000} = 11,88 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,88}{0,728} = 16,3 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{203,5-16,3}{16,3} \right) \times 0,003 = 0,043$$

$$\epsilon_t = 0,043 > 0,005 \quad (\text{OK})$$

Jadi faktor $\emptyset=0,9$ dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum

$$- S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 250,5^2 \times 1000}{1081,73} = 262,1 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah D19 – 250 mm

- Penulangan Lapangan Arah Y

Diameter tulangan = 19 mm

$$d_x = 300 - 40 - 0,5 \times 19 = 250,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 300 - 40 - 19 - 0,5 \times 19 = 231,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{45 - 28}{7} = 0,728$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,728 \times 45}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,039$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0293$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{420} = 0,00399 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 45} = 10,98$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{10164}{0,9 \times 1000 \times 231,5^2} = 2,11$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,98} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 2,11}{420}} \right) = 0,0051$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0051$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,0051 \times 1000 \times 231,5$$

$$A_s \text{ perlu} = 1195,396 \text{ mm}^2$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1195,396 \times 420}{0,85 \times 45 \times 1000} = 13,12 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{13,12}{0,728} = 18,01 \text{ mm}$$

$$e_t = \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{231,5-18,01}{18,01} \right) \times 0,003 = 0,0355$$

$$e_t = 0,0355 > 0,005 \quad (\text{OK})$$

Jadi faktor $\phi=0,9$ dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum

$$- S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 231,5^2 \times 1000}{1195,396} = 237,18 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah D19 – 225 mm

Dengan cara yang sama, didapatkan rekapitulasi pada Tabel 4.39

Tabel 4. 44 Rekapitulasi Penulangan Akibat Uplift Air

M _x	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 22 – 125 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 19 – 250 mm
M _y	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 22 – 100 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 19 – 225 mm

4.7 Perencanaan Pondasi

4.7.1 Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *spun pile* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (pile cap).

4.7.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- 1D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E

- $D + 0,75L + 0,75(0,7E)$
- $0,6D + 0,7E$

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan P_{ijin} 1 tiang. Berikut ini adalah *output* dari *Joint Reaction* pada pondasi.

Tabel 4. 45 Beban akibat Kolom

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton m	ton m
D	36,72	23,11	984,22	27,43	42,75
D+L	35,22	32,56	904,97	35,82	40,49
D+0,75L	37,01	25,28	918,98	28,15	51,08
D+0,7EX	37,27	31,28	967,35	34,96	44,05
D+0,7EY	38,62	25,82	986,85	29,21	50,56
D+0,75L+0,525EX	35,88	22,57	958,44	26,47	41,25
D+0,75L+0,525EY	33,35	20,95	881,10	23,58	37,24
0,6D+0,7EX	21,88	24,18	575,38	26,83	25,79
0,6D+0,7EY	23,67	16,90	566,54	18,79	44,65

4.7.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang $f'_c = 52$ MPa (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan berdasarkan produk dari PT. WIKA Beton :

- Diameter tiang (D) : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm

- Kelas tiang : C
- *Concrete Cross Section* : 1570,80 cm²
- Berat : 393 kg/m
- Panjang : 6-20 m
- *Bending momen crack* : 29 tonm
- *Bending momen ultimate* : 58 tonm
- *Allowable axial Load* : 229,5 ton

4.7.4 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung Perkantoran Social Security (SS) Tower adalah data tanah dari kampus UHAMKA Fakultas Ekonomi Jakarta Timur.

4.7.5 Daya Dukung Pondasi

4.7.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri

2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Daya dukung SPT 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 $N > 15$

a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N-15)$

b. $N_1 = 0.6 N$

Kemudian dipilih harga N_1 yang terkecil.

2. Koreksi terhadap *Overburden* tanah

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal, dengan rumus sebagai berikut :

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0,4 P_o}, \text{ untuk } P_o < 0,75 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1 P_o}, \text{ untuk } P_o > 0,75 \text{ ton}$$

Harga N_2 yang telah dihitung harus lebih kecil dari $2N_1$ apabila $N_2 > 2N_1$, maka nilai N_2 dibuat menjadi $2N_1$.

3. Menghitung daya dukung *ultimate* tiang

$$P_{ult} = C_u \text{ Aujung} + \sum C_u \text{ Asi}$$

Dimana:

C_u = Hambatan geser selimut tiang pada segmen i

= $N_i/2$ untuk tanah lempung/lanau

= $N_i/5$ untuk tanah pasir

Asi = Luas selimut tiang pada segmen $I = O_i \times h_i$

O_i = Keliling tiang

C_u = 40 \checkmark

\checkmark = Harga rata-rata N2 4D di bawah ujung hingga 8D di atas ujung

Maka:

$$P_{ult} = 40 \checkmark A_{ujung} + \sum \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} A_{si}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin } 1 \text{ tiang} = \frac{P_{ult}}{SF}$$

Dimana : SF = safety factor = 3

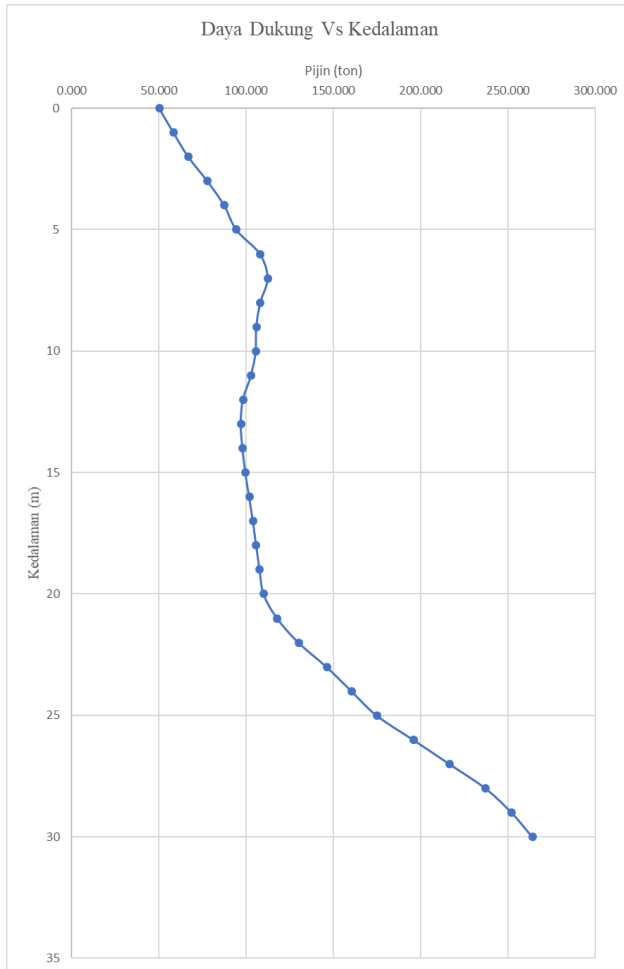
Sehingga setelah dilakukan perhitungan sesuai rumus di atas, didapatkan rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang pancang yang ditunjukkan Tabel 4.36.

Tabel 4. 46 Daya Dukung Tanah

L (m)	Jenis Tanah	N SPT'	N	SPT'	N1	ysat (t/m ³)	y' (t/m ³)	po (t/m ²)	po kumulatif (t/m ²)	N2	N2'	Asi (m ²)	Cli	Cli * Asi (t)	∑Cih * Asi (t)	Nrata	Puit (ton)	Pijin (ton)
0	Lempung	0	0	0	0	1,28571	0	0,000	0,000	0,000	0	1,885	0,000	0,000	0,000	13,333	150,7964	50,265
1	Lempung	6,5	7	7	7	1,48571	0	0,000	0,000	28,000	14	1,885	0,000	0,000	0,000	15,5	175,3069	58,434
2	Lempung	13	13	13	13	1,65714	0,657	0,657	41,176	26	26	1,885	13,000	24,504	24,504	15,6	200,9363	66,979
3	Lempung	10,5	11	11	11	1,6	0,6	0,600	1,257	29,278	22	1,885	11,000	20,735	45,239	16,667	233,7345	77,911
4	Lempung	8	8	8	8	1,51429	0,514	0,514	1,771	18,729	16	1,885	8,000	15,080	60,319	17,885	262,8896	87,530
5	Lempung	11	11	11	11	1,6	0,6	0,600	2,371	22,581	22	1,885	11,000	20,735	81,053	17,882	283,2969	94,432
6	Lempung	14	14	14	14	1,68571	0,686	0,686	3,057	25,193	25,193	1,885	12,596	23,744	104,797	19,381	323,993	107,998
7	Lempung	11	11	11	11	1,6	0,6	0,600	3,657	17,865	17,865	1,885	8,933	16,838	121,635	19,023	336,778	112,259
8	Lempung	8	8	8	8	1,51429	0,514	0,514	4,171	11,991	11,991	1,885	5,966	11,302	132,956	16,913	324,2228	108,074
9	Lempung	7,5	8	8	8	1,51429	0,514	0,514	4,686	11,133	11,133	1,885	5,567	10,493	143,429	15,385	317,4303	105,810
10	Lempung	7	7	7	7	1,48571	0,486	0,486	5,171	9,125	9,125	1,885	4,562	8,600	152,029	14,535	316,4104	105,470
11	Lempung	7,5	8	8	8	1,51429	0,514	0,514	5,686	9,773	9,773	1,885	4,887	9,211	161,240	13,002	308,2853	102,762
12	Lempung	8	8	8	8	1,51429	0,514	0,514	6,200	9,195	9,195	1,885	4,598	8,666	169,906	11,002	294,3384	98,113
13	Lempung	8,5	9	9	9	1,54286	0,543	0,543	6,743	9,737	9,737	1,885	4,869	9,177	179,083	9,885	290,8786	96,960
14	Lempung	9	9	9	9	1,54286	0,543	0,543	7,286	9,197	9,197	1,885	4,599	8,668	187,751	9,365	293,6705	97,880
15	Lempung	8,5	9	9	9	1,54286	0,543	0,543	7,829	8,927	8,927	1,885	4,463	8,413	196,165	9,061	298,6419	99,547
16	Lempung	8	8	8	8	1,51429	0,514	0,514	8,343	7,835	7,835	1,885	3,917	7,384	203,549	8,994	305,2646	101,755
17	Lempung	8,5	9	9	9	1,54286	0,543	0,543	8,886	8,699	8,699	1,885	4,349	8,198	211,747	8,832	311,6295	103,876
18	Lempung	9	9	9	9	1,54286	0,543	0,543	9,429	8,586	8,586	1,885	4,293	8,092	219,839	8,613	317,2461	105,749
19	Lempung	8,5	9	9	9	1,54286	0,543	0,543	9,971	8,476	8,476	1,885	4,238	7,989	227,828	8,429	323,1612	107,720
20	Lempung	8	8	8	8	1,51429	0,514	0,514	10,486	7,444	7,444	1,885	3,722	7,016	234,844	8,413	323,998	109,999
21	Lempung	9	9	9	9	1,54286	0,543	0,543	11,029	8,270	8,270	1,885	4,135	7,795	242,639	9,792	353,3846	117,795
22	Lempung	10	10	10	10	1,57143	0,571	0,571	11,600	9,070	9,070	1,885	4,535	8,849	251,187	12,285	390,1276	130,043
23	Lempung	29,5	30	30	22,5	2	1	1	12,600	19,956	19,956	1,885	9,978	18,808	269,995	14,891	438,4118	146,137
24	Pasir	49	49	32	32	2,197895	0,979	0,979	13,579	27,778	27,778	1,885	5,556	10,472	280,467	17,745	481,1629	160,388
25	Pasir	55	35	35	2,3	1,3	1	1	14,879	29,549	29,549	1,885	5,910	11,140	291,607	20,584	524,4096	174,803
26	Batu Lempung	61	61	38	2	1	1	1	15,879	31,419	31,419	1,885	15,709	29,611	321,218	23,524	587,273	195,758
27	Batu Lempung	62	62	38,5	2	1	1	1	16,879	31,187	31,187	1,885	15,594	29,393	350,612	26,432	649,5494	216,516
28	Batu Lempung	63	63	39	2	1	1	1	17,879	30,965	30,965	1,885	15,483	29,184	379,796	29,307	711,2542	237,085
29	Batu Lempung	66	66	40,5	2	1	1	1	18,879	31,530	31,530	1,885	15,765	29,717	409,513	30,643	756,0802	252,027
30	Batu Lempung	69	69	42	2	1	1	1	19,879	32,074	32,074	1,885	16,037	30,229	439,742	31,121	791,7094	263,903

Sehingga diambil kedalaman tiang pancang sebagai berikut :

Beban ijin aksial 1 tiang = 229,5 ton
 Pada kedalaman 27m daya dukung = 216,516 ton



Gambar 4. 32 Grafik Pijin Vs Kedalaman

Maka panjang tiang yang digunakan (dikurangi dengan tinggi basement) adalah 24 m.

4.7.5.2 Pengaturan 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 jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1.1 meter.

- Jarak antar tiang :
 $2 D \leq S \leq 2,5 D$
 $2 \times 60 \leq S \leq 2,5 \times 60$
 $120 \text{ cm} \leq S \leq 150 \text{ cm}$
 Digunakan jarak antar tiang = 150 cm.
- Jarak tepi tiang pancang :
 $1 D \leq S1 \leq 1,5 D$
 $1 \times 60 \leq S1 \leq 1,5 \times 60$
 $60 \text{ cm} \leq S1 \leq 90 \text{ cm}$
 Digunakan jarak tiang ke tepi = 70 cm.

4.7.5.3 Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (C_e) menurut Converse-Labarre,. C_e dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan D/S}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = jumlah kolom tiang pancang dalam grup

$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$

Dimana $Q_L (\text{group})$ harus lebih besar dari P yang terjadi.

Sehingga didapatkan Pijin dalam grup sebagai berikut:

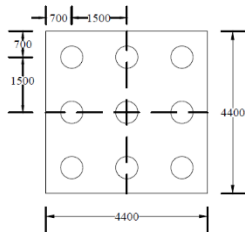
- Tipe 1 = 216,516 ton x 0,677 = 146,59 ton
- Tipe 2 = 216,516 ton x 0,558 = 120,94 ton

4.7.5.4 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang dalam Grup

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2} \leq P_{ijin \text{ dalam grup}}$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam grup dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan group tiang pancang Tipe 1 dengan kombinasi beban 1D + 1L.



Gambar 4. 33 Pondasi Tipe 1

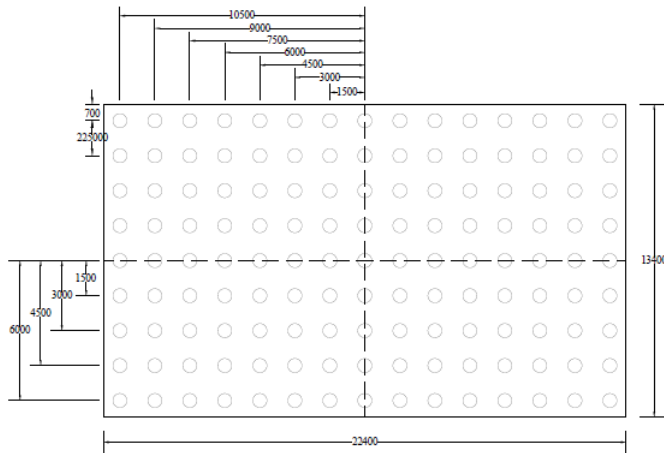
$$P = 984,22 \text{ ton}$$

$$N = 9 \text{ tiang}$$

$$M_x = 27,43 \text{ t.m}$$

$$M_y = 42,75 \text{ t.m}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 1,5 \text{ m} \\
 Y_{\max} &= 1,5 \text{ m} \\
 \Sigma X^2 &= 4,5 \text{ m}^2 \\
 \Sigma Y^2 &= 4,5 \text{ m}^2 \\
 P_{\max} &= \frac{984,22}{9} + \frac{42,75 \times 1,5}{4,5} + \frac{27,43 \times 1,5}{4,5} \leq 146,59 \text{ ton} \\
 132,75 \text{ ton} &\leq 146,59 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 34 Pondasi Tipe 2

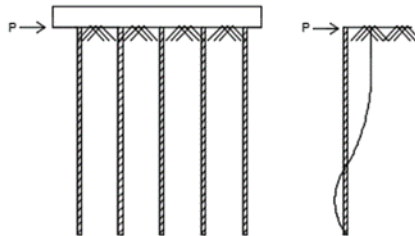
Tabel 4. 47 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1

Tipe	Kombinasi	Kebutuhan tiang (buah)	P/n (ton)	Xmax	Ymax	My · Xmax	ΣX ²	Mx · Ymax	ΣY ²	P max (ton)	P ijin 1 tiang dalam grup (ton)	P max < Pijin
1	D+L	9	109.4	1.5	1.5	64.12	4.5	41.151	4.5	132.75	146.59	OK
1	D+0.7Ey	9	100.6	1.5	1.5	60.74	4.5	53.733	4.5	125.99	146.59	OK
1	D+0.7Ex	9	102.1	1.5	1.5	76.62	4.5	42.226	4.5	128.52	146.59	OK
1	D+0.75L+0.525Ey	9	107.5	1.5	1.5	66.08	4.5	52.439	4.5	133.62	146.59	OK
1	D+0.75L+0.525Ex	9	109.6	1.5	1.5	75.84	4.5	43.809	4.5	136.24	146.59	OK
1	D+0.75L	9	106.5	1.5	1.5	61.88	4.5	39.704	4.5	129.07	146.59	OK
1	D	9	97.9	1.5	1.5	55.86	4.5	35.365	4.5	118.17	146.59	OK
1	0.6D+0.7Ey	9	63.93	1.5	1.5	38.68	4.5	40.246	4.5	81.472	146.59	OK
1	0.6D+0.7Ex	9	62.95	1.5	1.5	66.97	4.5	28.183	4.5	84.094	146.59	OK

Tabel 4. 48 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 2

Tipe	Kombinasi	Kebutuhan tiang (buah)	P/n (ton)	Xmax	Ymax	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijn 1 tiang dalam grup (ton)	P max <Pijn
2	D+L	135	12.93	10.5	6	402	630	550.08	135	17.645	120.94	OK
2	D+0,7Ey	135	13.73	10.5	6	10576	630	12116	135	120.27	120.94	OK
2	D+0,7Ex	135	18.68	10.5	6	7145	630	7327.8	135	84.297	120.94	OK
2	D+0,75L+0,525Ey	135	14.19	10.5	6	13370	630	11317	135	119.24	120.94	OK
2	D+0,75L+0,525Ex	135	17.9	10.5	6	5468	630	5641.2	135	68.363	120.94	OK
2	D+0,75L	135	12.6	10.5	6	392.9	630	538.77	135	17.218	120.94	OK
2	D	135	11.62	10.5	6	365.7	630	504.84	135	15.937	120.94	OK
2	0,6D+0,7Ey	135	9.088	10.5	6	10590	630	12111	135	115.61	120.94	OK
2	0,6D+0,7Ex	135	14.03	10.5	6	7054	630	7203	135	78.581	120.94	OK

4.7.5.5 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 35 Defleksi akibat Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

- δ = defleksi yang terjadi
- Fd = koefisien defleksi
- P = Gaya lateral 1 tiang
- T = *Relative stiffnes Factor*

Untuk kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral akan dicontohkan perhitungan tiang pancang grup tipe 1 dengan kombinasi beban D+L.

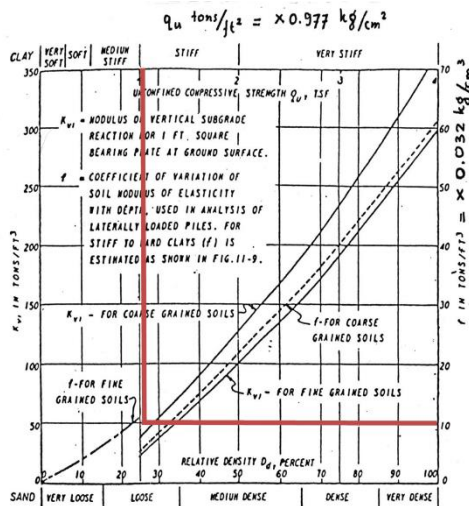
$$\text{Jumlah tiang} = 9$$

$$H_{\max} = 36,72 \text{ ton}$$

$$H_{\max} \text{ 1 tiang} = 36,72/9 = 4,08 \text{ ton}$$

$$C_u = 0,57 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_u = 2 \times C_u = 2 \times \frac{0,57}{0,977} = 1,169 \text{ t/ft}^2$$



Gambar 4. 36 Grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* didapatkan nilai $f = 10 \text{ t/ft}^3 = 0,32 \text{ kg/cm}^3$

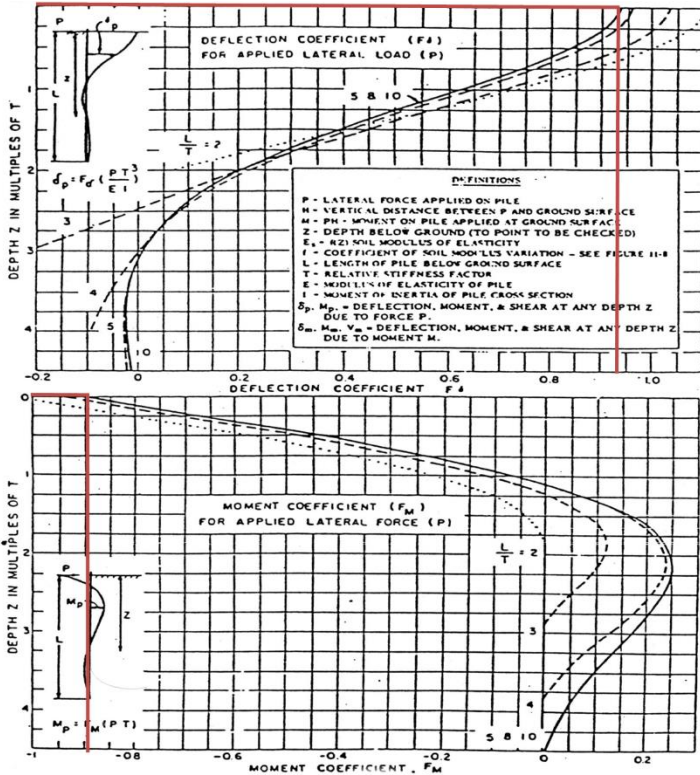
$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{45} = 315285,58 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times (600 - 400)^4 = 7853,98 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{315285,58 \times 7853,98}{0,32}\right)^{\frac{1}{5}} = 95 \text{ cm}$$

L = 24 m = 2400 cm (kedalaman tiang pancang)
 T = 95 cm
 L/T = 25,26



Gambar 4. 37 Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile

Dari grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile maka didapatkan $F_d = 0,93$

$$\delta = F_d \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,89 \left(\frac{4080 \times 95^3}{315285,58 \times 7853,98} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 1,31 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol Momen :

$$M_{\text{crack}} = 14,5 \text{ tm (tabel spesifikasi tiang pancang / (SF=2))}$$

$$L/T = 25,26$$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan $F_m = 0,89$

$$M = F_m(PT) \leq M_{\text{banding crack}}$$

$$M = 0,89 \times (4,08 \times 0,95) \leq 14,5 \text{ tm}$$

$$M = 3,45 \text{ tm} \leq 14,5 \text{ tm} \quad (\text{OK})$$

Tabel 4. 49 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral

Tipe	Jumlah tiang	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
1	9	D+L	4.07953	1.314	OK	3.4493	14.5	OK
1	9	D+0,7Ey	3.91339	1.26	OK	3.3088	14.5	OK
1	9	D+0,7Ex	4.11206	1.324	OK	3.4768	14.5	OK
1	9	D+0,75L+0,525 Ey	4.14164	1.334	OK	3.5018	14.5	OK
1	9	D+0,75L+0,525 Ex	4.29064	1.382	OK	3.6278	14.5	OK
1	9	D+0,75L	3.98617	1.284	OK	3.3703	14.5	OK
1	9	D	3.7061	1.193	OK	3.1335	14.5	OK
1	9	0,6D+0,7Ey	2.68692	0.865	OK	2.2718	14.5	OK
1	9	0,6D+0,7Ex	2.62962	0.847	OK	2.2234	14.5	OK

Tabel 4. 50 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral

Tipe	Jumlah tiang	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
2	135	D+L	0.72805	0.234	OK	0.6156	14.5	OK
2	135	D+0,7Ey	1.90568	0.614	OK	1.6113	14.5	OK
2	135	D+0,7Ex	1.82563	0.588	OK	1.5436	14.5	OK
2	135	D+0,75L+0,525 Ey	1.43438	0.462	OK	1.2128	14.5	OK
2	135	D+0,75L+0,525 Ex	1.40439	0.452	OK	1.1874	14.5	OK
2	135	D+0,75L	0.71294	0.23	OK	0.6028	14.5	OK
2	135	D	0.66761	0.215	OK	0.5645	14.5	OK
2	135	0,6D+0,7Ey	1.90094	0.612	OK	1.6073	14.5	OK
2	135	0,6D+0,7Ex	1.79468	0.578	OK	1.5174	14.5	OK

4.7.6 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan geser pons dan lentur. Sehingga dapat meneruskan beban dari struktur atas ke pondasi tiang pancang.

Data-data perancangan poer

- P_u = 986,85 ton
- P_{max} (1 tiang) = 136,24 ton
- Jumlah tiang pancang = 9 buah
- Dimensi poer = 4,4 x 4,4 x 1 m
- Mutu beton (f_c') = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 420 MPa
- Diameter tulangan = 29 mm
- Selimut beton = 50 mm
- λ = 1 (beton normal)
- α_s = 20 (kolom sudut)
- Tinggi efektif (d)

$$d_x = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 29 = 935,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 906,5 \text{ mm}$$

4.7.6.1 Kontrol Geser Pons

a. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons 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 :

α_s = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
 $= 4400/4400 = 1$

b_o = Keliling penampang kritis
 $= 2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$
 $= 2 (850 + 935,5) + 2 (850 + 935,5)$
 $= 7142 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1. \sqrt{40} \times 7142 \times 935,5 \\ &= 21550820 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{20 \times 935,5}{7142} + 2 \right) 1. \sqrt{40} \times 7142 \times 935,5 \\ &= 16202680 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \cdot 1. \sqrt{45} \times 7142 \times 935,5 \\ &= 14071418 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $14071418 \text{ N} = 1407141,8 \text{ Kg}$

$$\phi V_c = 0,75 \times 1407141,8 = 1055356,4 \text{ kg} = 1055,356 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1055,356 \text{ ton} > P_u - P_{pile}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 1055,356 \text{ ton} > 986,85 - (136,24 \times 2) \\ &= 1055,356 \text{ ton} > 714,37 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

b. Akibat Pancang

$$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\ = 4400/4400 = 1$$

$$b_o = \pi \times (600 + 935,5) \\ = 4823,91 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 4823,91 \times 935,5 \\ = 14556054 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ = 0,08 \left(\frac{20 \cdot 935,5}{4823,91} + 2\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 4823,91 \times 935,5 \\ = 13925952 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ = 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 4823,91 \times 935,5 \\ = 9504247 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 9504247 N = 950424,7 kg.

$$\phi V_c = 0,75 \times 950424,7 = 712818,53 \text{ kg} = 712,818 \text{ ton}$$

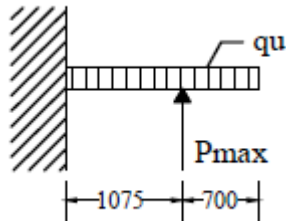
$$\phi V_c = 712,818 \text{ ton} > P_{\text{mak}} \\ = 712,818 \text{ ton} > 136,238 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.7.6.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan

gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 4. 38 Pembebanan Poer Tipe 1

A. Penulangan Arah X

$$P_{\max} = 136,24 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 136,24 = 408,71 \text{ ton}$$

$$q = 4,4 \times 1,775 \times 1 = 7,81 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 7,81 \text{ ton/m} \times 1,2 = 9,372 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= P(1,075) - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\ &= (408,71 \times (1,075)) - (\frac{1}{2} \times 9,372 \times (1,775)^2) \\ &= 424,6 \text{ t.m} \\ &= 4246036495,8 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 29 = 935,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 906,5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00376$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033333$$

digunakan $\rho_{\min} = 0,00376$

- Menentukan Harga m

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35 \\
 R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{4246036495,8}{4400 \times 935,5^2} = 1,1 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,1}{420}} \right) = 0,0026 \\
 \rho < \rho_{\min} &\rightarrow \rho = 0,00376
 \end{aligned}$$

- Tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,00376 \times 1000 \times 935,5 = 3521,79 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ($A_s = 660,5199 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3521,79}{660,199} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur D29–150 mm

$$\begin{aligned}
 A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\
 &= 4403,47 \text{ mm}^2 > 4004,511 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{2} A_s \text{ tarik} \\
 &= 1760,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1760,9}{380,13} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D22–150 mm

$$\begin{aligned}
 A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\
 &= 4403,47 \text{ mm}^2 > 1760,9 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

B. Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 136,24 \text{ ton} \\
 P &= 3 \times 136,24 = 408,71 \text{ ton} \\
 q &= 4,4 \times 1,775 \times 1 = 7,81 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 7,81 \text{ ton/m} \times 1,2 = 9,372 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 M_u &= P (1,075) - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\
 &= (408,71 \times (1,075)) - (\frac{1}{2} \times 9,372 \times (1,775)^2) \\
 &= 424,6 \text{ t.m} \\
 &= 4246036495,8 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 29 = 935,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 906,5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00376$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033333$$

digunakan $\rho_{\min} = 0,00376$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{4246036495,8}{4400 \times 906,5^2} = 1,17$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,17}{420}} \right) = 0,0028
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = 0,00376$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,00376 \times 1000 \times 906,5 = 3412,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ($A_s = 660,5199 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3412,62}{660,199} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur D29–150 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\ &= 4403,47 \text{ mm}^2 > 3412,6 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{2} A_s \text{ tarik} \\ &= 1706,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1760,9}{660,199} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D22–150 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\ &= 4403,47 \text{ mm}^2 > 1706,3 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

4.7.7 Perencanaan Sloof

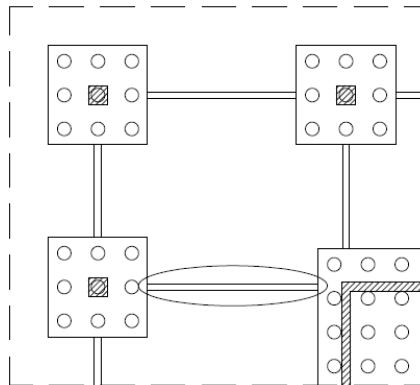
Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi: berat sendiri sloof, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

- **Data Perencanaan**

Data-data perancangan perhitungan sloof adalah sebagai berikut:

P kolom	= 1278,524 ton
Panjang Sloof L	= 5,1 m
Mutu Beton f_c'	= 45 MPa
Mutu Baja f_y	= 420 MPa

Decking	= 40 mm
Diameter Tulangan Utama	= 19 mm
Diameter Sengkang	= 13 mm
Dimensi Sloof	= 300 mm x 400 mm
Tinggi Efektif	= 400 – 40 – 13 – (1/2 × 19)
	= 337,5 mm



Gambar 4. 39 Sloof yang Ditinjau

- **Penulangan Sloof**

- a. **Penulangan Lentur Sloof**

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Adapun beban sloof adalah:

$$\begin{aligned} \text{Berat aksial } N_u &= 10\% \times 1233,544 \text{ ton} \\ &= 123,354 \text{ ton} = 1233,544 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat yang diterima sloof:

$$\text{Berat sendiri} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,4 \times 288 = 403,2 \text{ kg/m} \\ &= 4,032 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

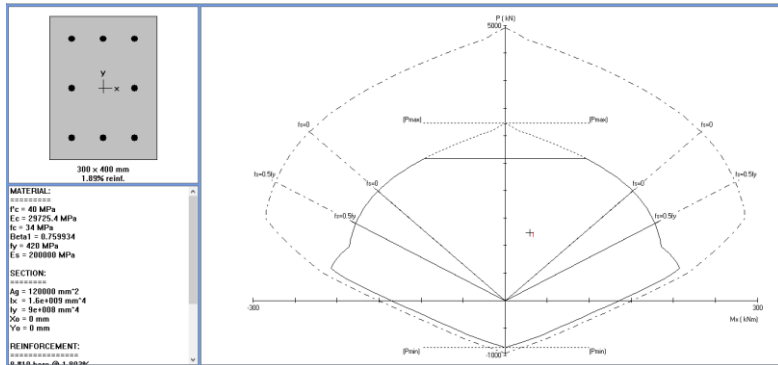
Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 4,032 \times 7,575^2 \\ &= 28,92 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Lalu menggunakan program SP Column dengan memasukkan beban:

$$\begin{aligned} P &= 1233,54447 \text{ kN} \\ M &= 28,92 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan diagram interaksi seperti pada Gambar 4.32 di bawah ini :



Gambar 4. 40 Diagram Interaksi Balok Sloof 30/40

Dari diagram interaksi untuk :

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

$$f_y = 420 \text{ MPa} \text{ didapat } \rho = 1,89\%$$

$$\text{Dipasang Tulangan 8 D19 (As = 2268,23 mm}^2\text{)}$$

b. Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 0,5 \times qU \times L = 0,5 \times 4,032 \times 7,575 = 15,27 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d_x$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 300 \times 337,5$$

$$= 106726,87 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 106726,87 \text{ N} = 80045,15 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 80045,15 = 40022,58 = 40,02 \text{ kN}$$

$$V_u < 0,5 \phi V_c$$

$$15,27 \text{ kN} < 40,02 \text{ kN (Tidak perlu tulangan geser)}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

1. $\frac{d}{2} = \frac{337,5}{2} = 168,75 \text{ mm}$
2. $S = 300 \text{ mm}$

Maka dipasang sengkang $2\text{Ø}13\text{-}150 \text{ mm}$

4.8 Metode Pelaksanaan

4.8.1. Umum

Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

4.8.2. Fabrikasi Beton Pracetak

Proses pencetakan elemen pracetak dilakukan secara pabrikasi di dalam industri beton pracetak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah :

- a. Perlunya standar khusus sehingga hasil paracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
- c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik.

4.8.3. Pengangkatan dan Penempatan Crane

Elemen struktur pracetak pada masing-masing komponen diperhitungkan yang paling berat, adalah sebagai berikut:

1. Balok induk 50/75 (11 m)
 $W = 0,5 \times (0,75 - 0,18) \times 11 \times 2400 = 7524 \text{ kg}$
2. Pelat
 Ukuran Pelat $3,4 \times 1,42 \text{ m}$ ($t = 18 \text{ cm}$)
 $W = 3 \times 1,42 \times 0,18 \times 2400 = 1840,32 \text{ kg}$
3. Kolom
 Kolom terbesar yaitu kolom $85 \times 85 \text{ cm}$ (tinggi 3 m)
 $W = 0,85 \times 0,85 \times 3 \times 2400 = 5202 \text{ kg}$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu balok induk 500×750 sepanjang 11 m sebesar $7524 \text{ kg} = 7,524 \text{ ton}$. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

- a) Kemampuan maksimum crane yang digunakan
- b) Metode pengangkatan
- c) Letak titik – titik angkat pada elemen pracetak

Hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.

- Jenis crane POTAIN MR 160 C
- Jarak jangkauan maksimum 60 m dengan beban maksimum $7,5 \text{ ton}$
- Tower crane yang digunakan 1 buah

4.8.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak

Sistem transportasi disini meliputi :

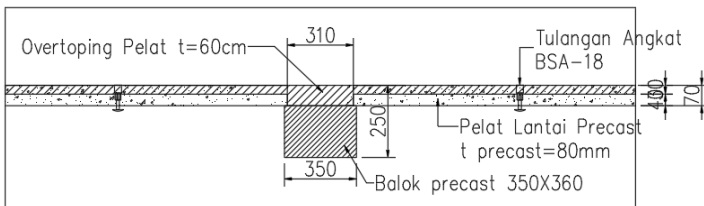
1. Pemindahan beton pracetak di areal pabrik.
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk komponen tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat dipergunakan truk temel dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Di areal lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak mempergunakan tower crane.

4.8.5. Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak

- **Pemasangan Elemen Plat Pracetak**

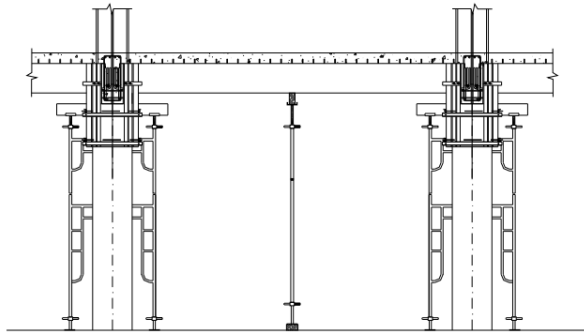
Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat pracetak yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas (*overtopping*), baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.



Gambar 4. 41 Pekerjaan Pelat

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat, balok anak, dan balok induk, dan kepala kolom setinggi balok, yang berfungsi sebagai topping

atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk. Topping digunakan setinggi 6 cm. Selain itu untuk pemasangan sambungan pelat *overtopping* juga digunakan stud sebagai *shear connector*. Pada proses pengecoran topping tersebut masih dibutuhkan penyangga untuk memastikan agar komponen terpasang baik dan pengecoran tersebut berjalan sesuai rencana. Tiap komponen bentang pelat tersebut diletakkan penyangga pada bagian tepi dan tengah. Adapun pemasangan penyangga (*scaffolding*) tersebut dapat diilustrasikan pada gambar berikut:



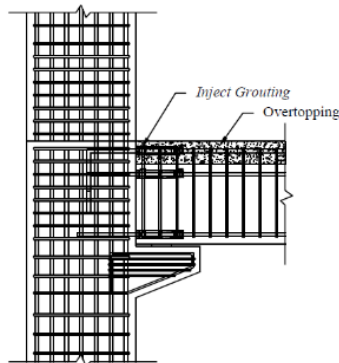
Gambar 4. 42 Pengecoran Topping dengan Penyangga Scaffolding

Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

- **Pemasangan Elemen Balok Induk dan Balok Anak**

1. **Pemasangan Elemen Balok Induk**

Pemasangan balok pracetak setelah kolom terpasang pada tempatnya. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane dan scaffolding untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan proses penyambungan antara kolom dan balok induk digunakan cor setempat atau dalam konteks ini istilahnya yaitu “cor kepala kolom”. Penyambungan yg dilakukan sebagaimana mestinya seperti metode case in situ biasa menggunakan panjang penyaluran balok yang ditanam ke area kolom. Tetapi pengecoran di sini dilakukan pada kepala kolom tersebut dengan dimensi lebar sisi sepanjang kolom tersebut dan setinggi balok yang menemuinya. Pada proses ini tetap digunakan bekisting untuk pengecoran kepala kolom tersebut.

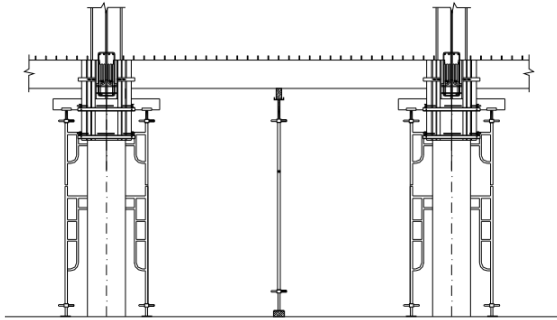


Gambar 4. 43 Pemasangan Balok Induk Pracetak dan Kolom dengan Cor Setempat

2. **Pemasangan Elemen Balok Anak Pracetak**

Pemasangan balok anak pracetak di bagian tengah balok induk. Konsol tempat bertumpunya balok anak pun terbuat dari beton pracetak dengan balok induk. Untuk mencegah terjadinya

kerusakan pada balok induk maupun balok anak, maka dipasang tiga buah perancah dengan posisi satu di tengah dan dua di tepi. Pada proses penyambungan antara balok anak dan balok induk digunakan coupler untuk keperluan *inject grouting* yang didapat dari produk *NMB Splice Sleeve*. Coupler tersebut ditanam pada balok anak pracetak dan pada bagian balok induk ditanam juga tulangan lebih ke arah sambung dengan sejajar coupler yang ditanam balok dan searah untuk memasuki lubang coupler yang ditanam di balok anak pracetak. Untuk selanjutnya dilakukan *inject grouting* dengan lubang inlet pada permukaan luar bagian balok anak pracetak. Pemilihan dan penempatan coupler yang ditanam pada balok anak pracetak disesuaikan dengan diameter tulangan balok pracetak dan letak kebutuhan tulangnya. Berikut adalah ilustrasi pemasangan balok anak pracetak dengan bantuan perancah.



Gambar 4. 44 Pemasangan Balok Anak Pracetak dengan Bantuan Perancah

- **Mekanisme Sambungan *NMB Coupler Sleeve* dengan Injeksi Grouting**

Pada elemen pracetak, *coupler sleeve* dengan spesifikasi yang telah direncanakan di letakan pada elemen tersebut saat proses fabrikasi. Penempatan *coupler* tersebut sesuai pada tata

letak tulangan dan dimensi panjang-tulangan yang direncanakan pada elemen tersebut. Sehingga, elemen pracetak tersebut nantinya saat akan diinstalasi sudah memiliki lubang-lubang *coupler* di setiap elemen yang telah direncanakan untuk keperluan sambungan *grouting* nantinya. Pada proses penyambungan tersebut, penentuan tipe spesifikasi *coupler sleeve* berdasarkan diameter tulangan yang direncanakan. Adapun untuk pemilihan spesifikasi *coupler* tersebut dapat dilihat berdasarkan ketentuan pada gambar 4.39 berikut

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*											RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH					
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter		Max. Dia. (B) inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)			SS Mortar Bar per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)		I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
SU-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.66 (225)	9.45 (240)	5.74 (2.59)
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 (245)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	6.99 (3.17)
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)	1.04 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)

Gambar 4. 45 Pemilihan Tipe *Coupler Sleeve NMB Splice Sleeve*

Setelah elemen diinstalasi pada tahapan yang sudah direncanakan maka tahapan selanjutnya yaitu dilakukan injeksi *grouting* pada lubang tersebut. Elemen yang akan dilakukan injeksi *grouting* ini adalah pada sambungan kolom dan kolom, balok induk dan balok anak. Selain itu pada sambungan pelat dan balok serta balok anak dan balok induk dilakukan pengecoran *overtopping* sehingga tidak membutuhkan *coupler sleeve* pada jenis penyambungan tersebut. Pada saat proses *grouting* tersebut tetap harus dilakukan inspeksi terhadap pekerjaan tersebut agar injeksi yang dilakukan dapat mengisi lubang *coupler* sepanjang panjang penyaluran tersebut dengan penuh. Hal ini dilakukan untuk menjamin tingkat keberhasilan proses menuju monolit antar

elemen tersebut. Inspeksi tersebut dapat dilakukan dengan melihat pada katup dengan tuas tali coupler yang tersedia di sisi luar elemen pracetak tersebut. Jika tuas tali tersebut mengalami dorongan sampai penuh batas yang ditentukan ke arah luar dari lubang tersebut, maka proses injeksi tersebut dinilai sudah berhasil. Sedangkan, material grouting yang digunakan pada proses injeksi tersebut adalah mortar dari produk *SS Mortar Grout*. Setelah proses inject grouting tersebut, elemen coupler yang dilakukan inject didiamkan sekitar satu hari sampai kondisi benar-benar selesai dan dapat dilanjutkan pada pekerjaan selanjutnya. Untuk lebih detail mengenai tahapan proses tersebut dapat dilihat pada ketentuan syarat produk di gambar 4.39 berikut:

Gambar 4. 46 Lama Pengeringan Proses inject grouting dengan SS Mortar

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	14,895
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

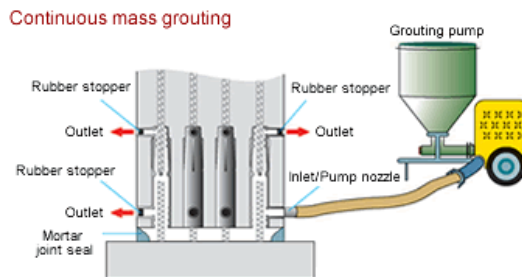
Calculated strength — calculated from the formula $(24.758 \text{ Ln } x \text{ Cumulative Temperature}) - 54.183$

Tahapan-tahapan dalam proses penyambungan dengan metode ini sebagai berikut:

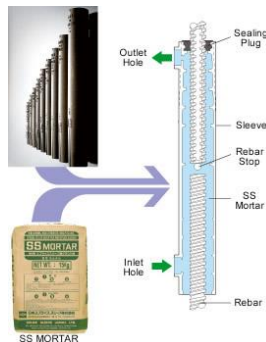
1. *Coupler NMB Splice Sleeve* dengan spesifikasi yang telah direncanakan ditanam pada elemen pracetak yang dikehendaki.
2. Selanjutnya dilakukan instalasi komponen pracetak yang akan dilakukan penyambungan.
3. Dilakukan inject grouting dengan menggunakan produk *SS Mortar Grout* pada lubang inlet/ pump nozzle pada coupler bagian bawah

4. Proses inject tersebut dalam pengerjaannya perlu dilakukan inspeksi untuk mengetahui apakah mortar tersebut sudah memenuhi seluruh ruang penyambungan atau belum.
5. Proses inject tersebut sudah selesai ditandai dengan bergeraknya rubber stopper yang berada pada sisi lubang lain

Berikut adalah gambar proses injeksi groting pada elemen pracetak dengan menggunakan *NMB Coupler Sleeve dan SS Mortar GROUT*.



Gambar 4. 47 Proses Injeksi Grouting Menggunakan NMB Coupler Sleeves dan SS Mortar GROUT



Gambar 4. 48 Mekanisme Tulangan dalam Coupler NMB Splice Sleeve

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut:

- 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

Struktur Sekunder				
Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Pelat	Lantai dan Atap	Pracetak	12	cm
		Komposit	18	cm
	Basement	Cast in Situ	30	cm
Balok Anak	BA 1	Pracetak	30/22	cm
		Komposit	30/40	cm
	BA 2	Pracetak	40/47	cm
		Komposit	40/55	cm
	BA 3	Pracetak	30/22	cm
		Komposit	30/40	cm
	BA 4	Pracetak	40/37	cm
		Komposit	40/55	cm
	BA 5	Pracetak	40/37	cm
		Komposit	40/55	cm
	BA 6	Pracetak	40/37	cm
		Komposit	40/55	cm
Tangga	Pelat Tangga	Cast in Situ	17	cm
	Pelat Bordes		17	cm
Balok Lift	Penggantung	Cast in Situ	30/40	cm
	Penumpu		30/40	cm

Tabel 5. 2 Dimensi Struktur Primer

Struktur Primer				
Elemen	Tipe	Kondisi	Ukuran	Satuan
Balok Induk	BI 1	Pracetak	55/62	cm
		Komposit	55/80	cm
	BI 2	Pracetak	55/62	cm
		Komposit	55/80	cm
	BI 3	Pracetak	50/57	cm
		Komposit	50/75	cm
	BI 4	Pracetak	50/57	cm
		Komposit	50/75	cm
Kolom	Lt. Basement - 4	Cast in situ	85x85	cm
		Cast in situ	80x80	cm
		Cast in situ	75x75	cm
Dinding Geser	Tipikal	Cast in situ	40	cm
Poer (Pile Cap)	Tipe 1	Cast in situ	440x440x100	cm
	Tipe 2	Cast in situ	1340x2240x100	cm
Tiang Pancang	Tipikal	Diameter	60	cm
		Kedalaman	24	m

- Analisa gaya dalam menggunakan program bantu ETABS. Perhitungan *respon spectrum* dengan bantuan *puskim.pu.go.id* wilayah gempa Jakarta Selatan dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726:2012. Perhitungan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati dan beban hidup dan beban gempa berdasarkan peraturan di atas.
- Penyambungan elemen pracetak menggunakan produk sambungan *coupler sleeve* dari *NMB Coupler Sleeve* yaitu dengan menggunakan konsep coupler yang ditanam pada komponen pracetak lalu dilakukan inject grouting dengan

- produk dari SS Mortar. Sambungan bersifat basah dan monolit dan dalam analisisnya panjang penyaluran pada balok dihitung berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013.
4. Mekanisme metode penyambungan yaitu pada elemen balok induk dengan kolom dan balok induk dengan balok anak dilakukan dengan metode *NMB Coupler Sleeve* yang *diinject* menggunakan SS Mortar. Sedangkan untuk elemen balok dengan pelat dilakukan pengecoran *overtopping* dan terdapat panjang penyalurannya.
 5. Basement direncanakan dengan menghitung dinding penahan tanah dan menghitung pelat basement.
 6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang (*spun pile*) produk dari WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan pile cap (*poer*) berdasarkan metode tegangan ultimate.
 7. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung Social Security (SS) Tower akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad pada lampiran.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa secara keseluruhan dari proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Urutan yang benar dalam perencanaan gedung dengan metode pracetak adalah menentukan design gambar 3D, menentukan kriteria design dan konsep desain sambungan. Hal ini dikarenakan hal terpenting dalam perencanaan metode beton pracetak adalah konsep yang dimiliki, karena untuk perhitungan hampir sama dengan metode konvensional.
2. Dalam pelaksanaan di lapangan terutama pada bagian pengangkatan elemen pracetak dan sambungan antar elemen pracetak harus diberi pengawasan yang baik dan benar. Dalam pengangkatan harus diperhatikan tinggi

angkat dan sudut pengangkatan agar tidak terjadi kegagalan struktur akibat momen tak terduga saat pengangkatan. Pada saat penyambungan, tentunya sambungan beton pracetak tidak semonolit sambungan cor setempat dan rawan terjadi keretakan akibat gaya-gaya yang tidak diinginkan karena kurang sempurnanya pekerjaan sambungan.

3. Perancangan elemen yang akan dipracetak seharusnya bisa dibuat lebih efisien jika memperhatikan konsep desain terlebih dahulu. Dalam pengembangan ke depannya elemen dinding geser bisa dibuat pracetak jika memenuhi ketentuan dalam peraturan yang ada.
4. 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 kekuatan yang diperhitungkan untuk sambungan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A., Nababan, B., Raka, I. G. P., Sipil, J. T., Teknik, F., Teknologi, I., & Nopember, S. (2013). PERENCANAAN MENARA SAINS FMIPA ITS DENGAN METODE PRACETAK, 1–6.
- BPS. (2018). Berita Resmi Statistik - Pertumbuhan Ekonomi DKI Jakarta Triwulan III-2018. *Badan Pusat Statistik*, (08), 1–11. Retrieved from <https://jakarta.bps.go.id/>
- Bureau of Indian Standard(BIS). (2016). IS 13920-2016: Ductile Design and Detailing of Reinforced Concrete Structures Subjected to Seismic Forces- — Code of Practice, 59(July 2016).
- Choi, H. K., Choi, Y. C., & Choi, C. S. (2013). Development and testing of precast concrete beam-to-column connections. *Engineering Structures*, 56, 1820–1835. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.07.021>
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2006). *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Tahan Gempa*.
- Eusuf, M. A., Rashid, K. A., Noor, W. M., & Al Hasan, A. (2012). Shear Wall Construction in Buildings: A Conceptual Framework on the Aspect of Analysis and Design. *Applied Mechanics and Materials*, 268–270, 706–711. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.268-270.706>
- Fathalizadeh, A. (2017). Introducing two most common types of shear walls and their construction methods. *Journal of Civil Engineering Researchers*, 1(1), 8–12. Retrieved from <http://journals-researchers.com/ojs/index.php/jcer/article/view/1>
- Iswandi, I., Yulian, E., Suheida, & Kristianto, A. (2008).

Aplicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang, 1–10.

- Lacerda, M. M. S., da Silva, T. J., Alva, G. M. S., & de Lima, M. C. V. (2018). Influence of the vertical grouting in the interface between corbel and beam in beam-to-column connections of precast concrete structures – An experimental analysis. *Engineering Structures*, 172(July 2017), 201–213. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.05.113>
- Nurjannah, S. A. (2011). Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif pada Teknologi Konstruksi Indonesia yang Mendukung Efisiensi Energi Serta Ramah Lingkungan, 234–242.
- PCI, 6TH EDITION. (2004). *PCI DESIGN HANDBOOK 6th*. <https://doi.org/10.1111/jgh.12724>
- PPPURG, 1987. (1987). Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung.
- Rajendran, R., & Selvaraju, Y. R. (2016). A Review on Performance of Shear Wall, 11(April), 369–373.
- SNI, 1726:2012. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012). *Sni 1726:2012*, 149.
- SNI, 1727:2013. (2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196. Retrieved from www.bsn.go.id
- SNI, 2847:2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–265.
- Syarif, M., Parung, H., Djamaluddin, R., & Bakri, A. (2016). Perilaku Sambungan Balok-Kolom Pracetak Tipe Plat akibat Beban Bolak Balik, 392–399.

- Taheri, H., Hejazi, F., Vaghei, R., Jaafar, M. S., & Ali, A. A. A. (2016). New precast wall connection subjected to rotational loading. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, *60*(4), 547–560. <https://doi.org/10.3311/PPci.8545>
- Tullini, N., & Minghini, F. (2016). Grouted sleeve connections used in precast reinforced concrete construction – Experimental investigation of a column-to-column joint. *Engineering Structures*, *127*, 784–803. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.09.021>

LAMPIRAN

LOG BOR

Bor No DB-01 (30m)
Location Kampus UHAMKA Fakultas
 Ekonomi, Pasar Rebo, Jakarta
 Timur
Date Agustus 2015
Type Wash Boring

GWL	DEPTH (m)	LITHOLOGY	DESCRIPTION	Strength	UDS (m)	SPT (nBlow/15cm)				Graph	
						N-1	N-2	N-3	N-Spt		
	0									0	80
	-1		Clay: Lempung, coklat								
	-2										
	-3				UDS-1 (2.50-3.00)	3	6	7	13		
	-4										
	-5				UDS-2 (4.50-5.00)	2	3	5	8		
	-6										
	-7					4	6	8	14		
7.00	-7		Clay: Lempung, lanau, coklat	stiff							
	-8					2	2	4	8		
	-9										
	-10					2	3	4	7		
	-11										
	-12					2	3	5	8		
	-13										
	-14					2	4	5	9		
	-15										
	-16					2	4	4	8		
	-17										
	-18					2	4	5	9		
	-19										
	-20					2	3	5	8		
	-21										
	-22					3	5	5	10		
	-23										
23.50	-23.50		Sand: Pasir halus, coklat	very stiff-hard							
	-24					7	15	34	49		
25.00	-25.00		Claystone: Batu lempung, coklat	hard							
	-26					21	28	33	61		
27.50	-27.50		Claystone: Batu lempung, abu-abu	hard							
	-28					17	26	37	63		
	-29										
30.00	-30.00					19	29	40	69		
	-31										

UDS
SPT

PC PILES

DESCRIPTION

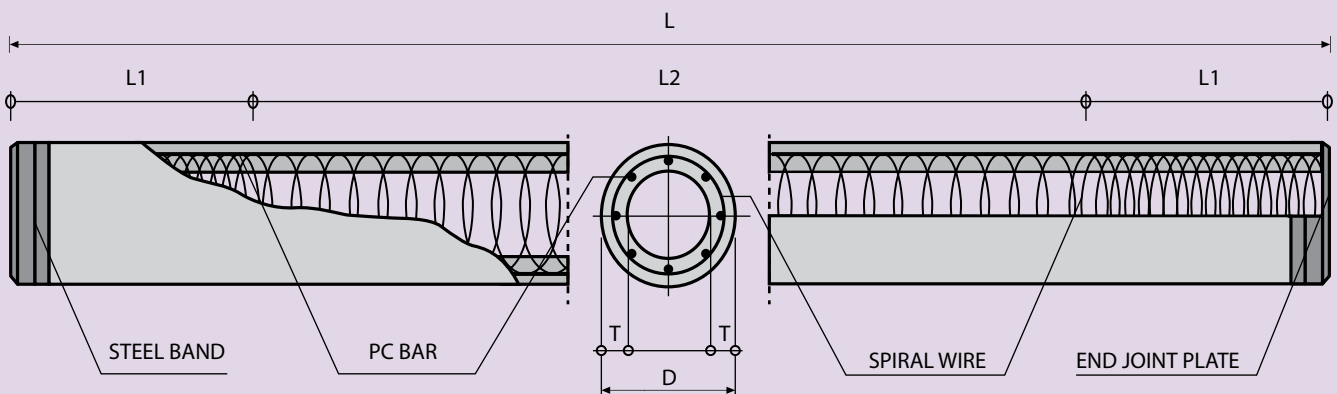
Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 -2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

SPUN PILE WITH TEKCON TECHNOLOGIES, WIKA CLT STANDARD

UPPER / MIDDLE PILE (DOUBLE JOINT)

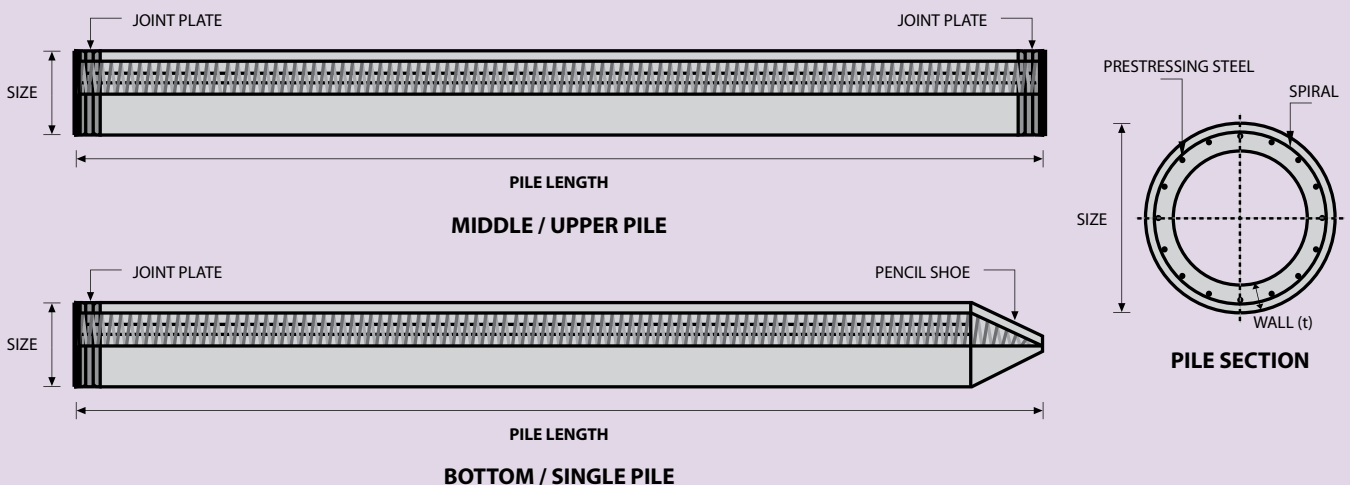


Outer Diameter of Piles D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Spiral Wire Diameter (mm)	Pitch		Length of Pitch	
			Zone L1 (mm)	Zone L2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
300	60	3.2	50	100	900	L - 2 (L1)
350	70	3.2	50	100	1050	L - 2 (L1)
400	75	3.2	50	100	1200	L - 2 (L1)
450	80	4.0	50	100	1350	L - 2 (L1)
500	90	4.0	50	100	1500	L - 2 (L1)
600	100	4.0	50	100	1800	L - 2 (L1)

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) 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 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	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
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
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
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
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
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

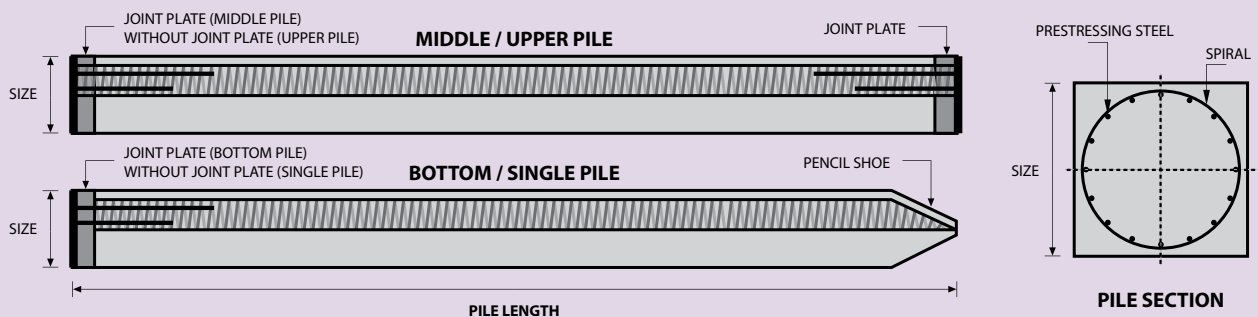
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

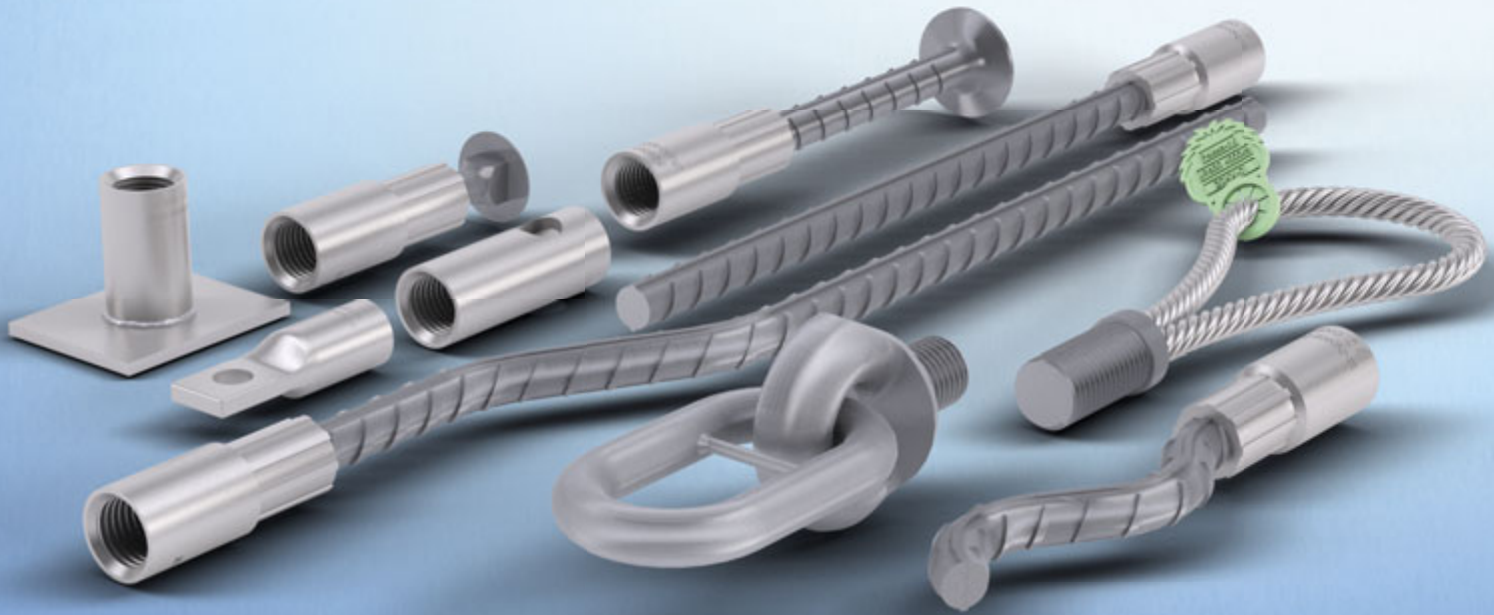
Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES





JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting of precast concrete elements

Version: Peikko Group 04/2016



JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting and handling of all types of precast concrete elements.

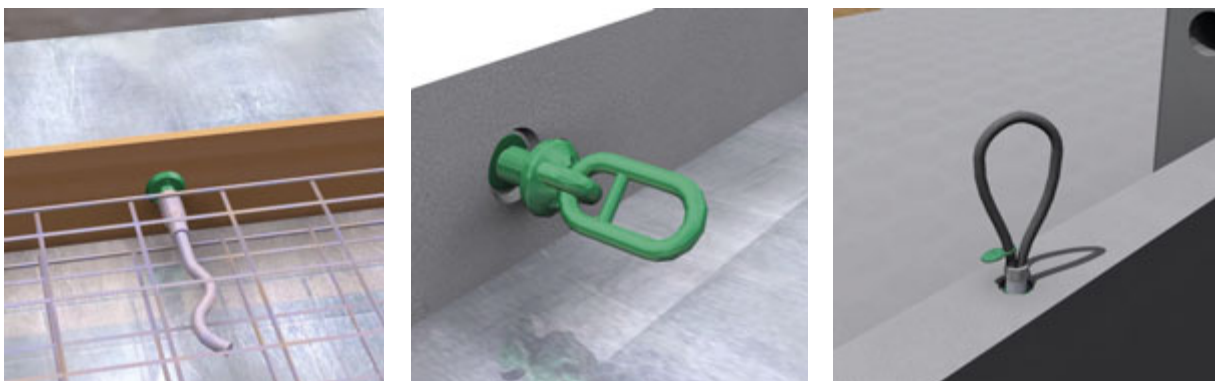
The JENKA Lifting System consists of a threaded JENKA Lifting Insert cast into a concrete element and a JENKA Lifting Key, together enabling a crane hook or lifting accessories such as lifting slings or spreader beams to be connected to the precast concrete element for lifting and handling.

The anchoring of the JENKA Lifting System is based on effective rebar and threaded sockets assembled on plane or recessed leaving the element surface free.

- The most economical lifting system
- Wide range of applications
- Safe working load (SWL) capacities up to 125kN
- Small recess – cover plugs available in plastic and stainless steel
- Color coding and individual serial numbering for JENKA Lifting Keys
- Improved working safety – no protruding above the concrete surface

All Peikko Lifting Systems are designed and manufactured in accordance with EU Machinery Directive 2006/42/EC and VDI/BV-BS 6205.

Product safety in use has been verified by a series of tests conducted in cooperation with the Technical University TU Darmstadt.



1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

JRd30: JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

JM30: JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available up on request)

1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in *Figure 20* and *Table 15*. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

Figure 20. WAS, BSA and PSA insert types.

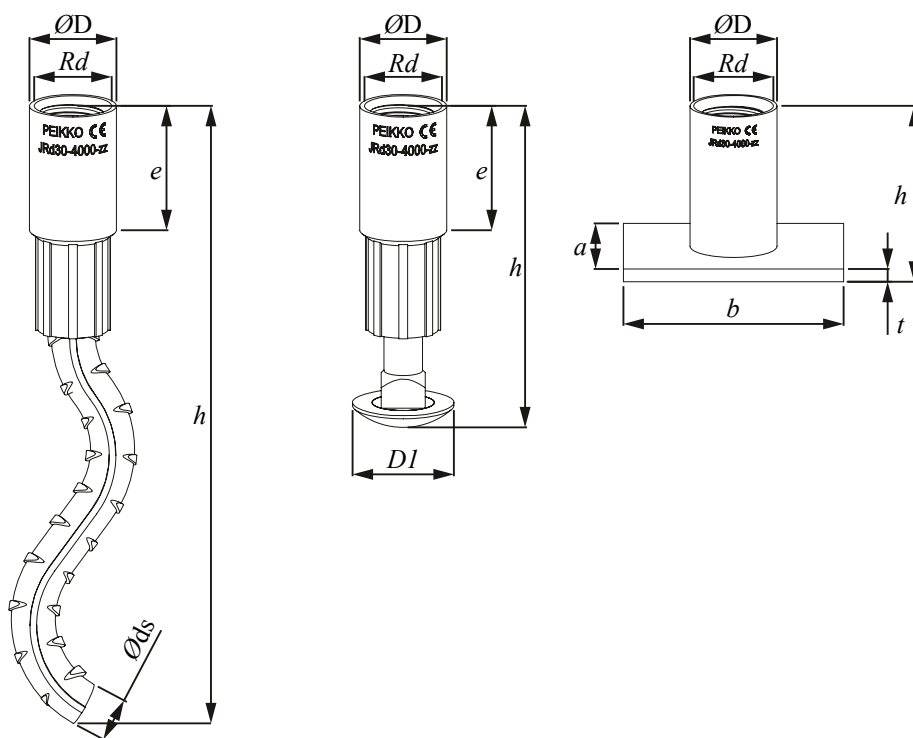
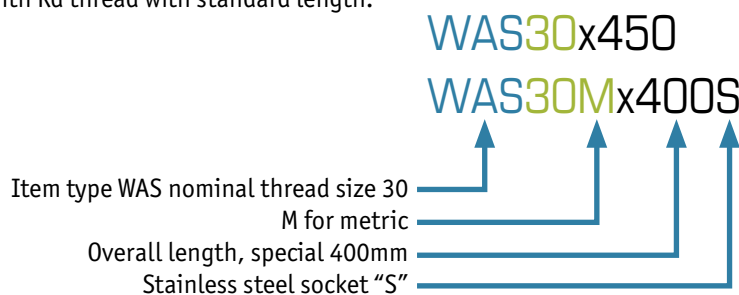


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØD1 [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117

Ordering example for Peikko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

1.2.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
12	0.1	0.1	0.1
14	0.1	0.1	0.1
16	0.2	0.1	0.1
18	0.3	0.2	0.2
20	0.4	0.3	0.3
24	0.6	0.4	0.4
30	1.2	0.7	0.7
36	2.0		1.2
42	3.1		1.8
52			2.9

1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011
 Machinery directive 2006/42/EC
 VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLW) can be used at an angle β 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.**  Min 15MPa

Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.




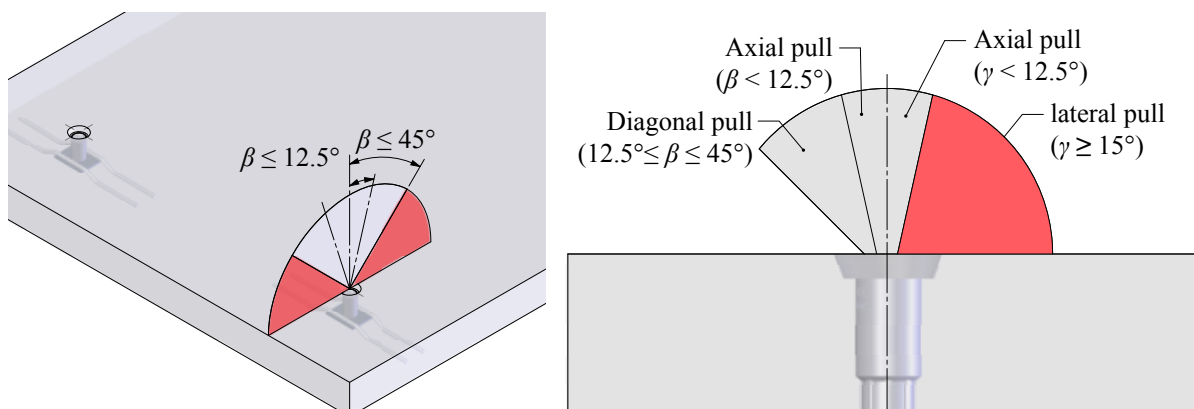
Item No. JRd/JM	Load Class	WAS SWL for β 0-45° [kN]	BSA SWL for β 0-45° [kN]	PSA SWL for β 0-45°		
				at 15 MPa [kN] 	at 20 MPa [kN] 	at 25 MPa [kN] 
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Peikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Peikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

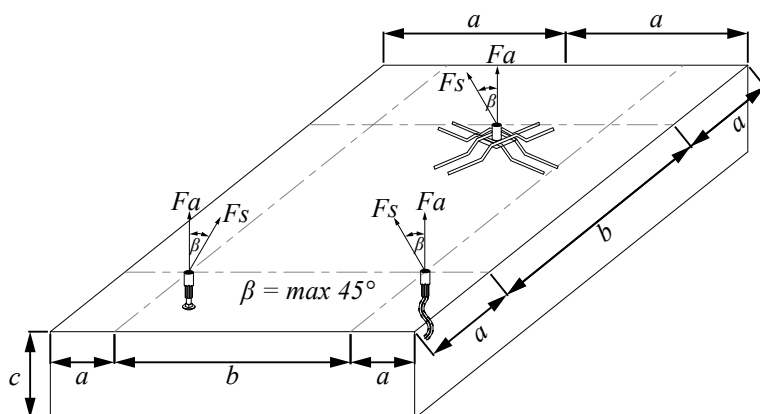
Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness c due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in *Table 18*. *Figure 22* visualizes the requirements.

Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS			BSA			PSA		
	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

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 (mm^2/m or cm^2/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:

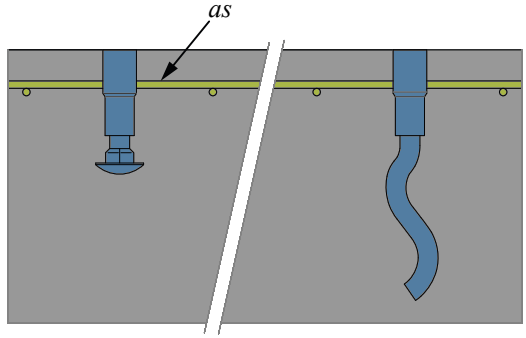
Always check that sufficient reinforcement is designed and installed. Too little reinforcement can result in severe accidents and collapsing elements.

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 (mm^2/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.

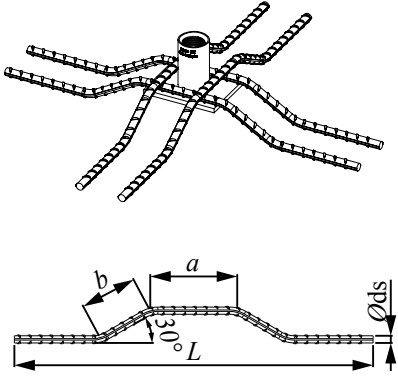
Item No. JRd/JM	BSA	WAS
	Surface reinforcement [#mm ² /m]	Surface reinforcement [#mm ² /m]
12	131	131
14	131	131
16	131	131
18	188	188
20	188	188
24	188	188
30	188	188
36		188
42		188



The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. *Table 20* illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

Table 20. Reinforcement for JENKA PSA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	PSA surface Reinforcement [mm ² /m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			$\varnothing ds$ [mm]	L [mm]	a [mm]	b [mm]
12	131	2	6	250	60	60
14	131	2	6	360	60	70
16	131	2	8	420	90	70
18	188	2	8	530	90	80
20	188	2	8	640	90	80
24	188	4	10	640	90	100
30	221	4	12	830	90	110
36	221	4	14	1140	140	120
42	513	4	16	1250	140	120
52	513	4	20	1530	140	150



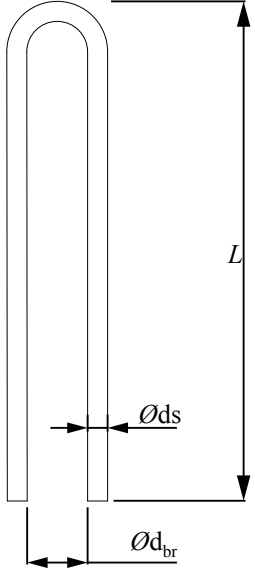
1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

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°	
	Ø _{ds} [mm]	L [mm]	Ø _{ds} [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_{br} " 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° as demonstrated in *Figure 23* and *Figure 24*.

Figure 23. Installation for JENKA Short Inserts.

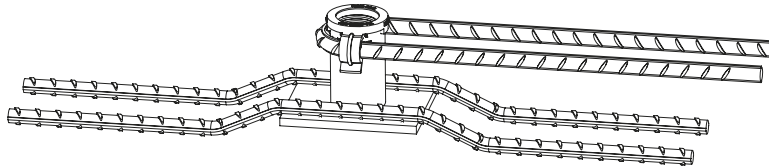
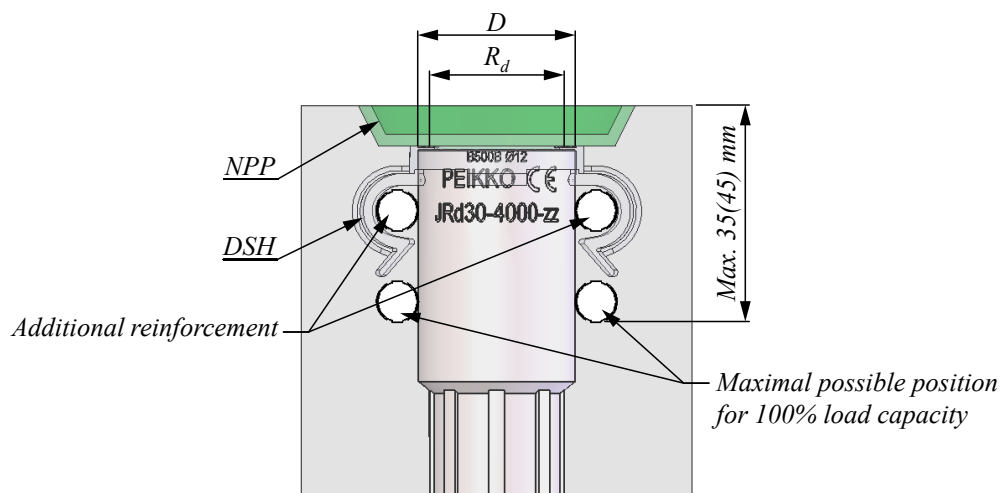


Figure 24. Installation tolerances.



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.

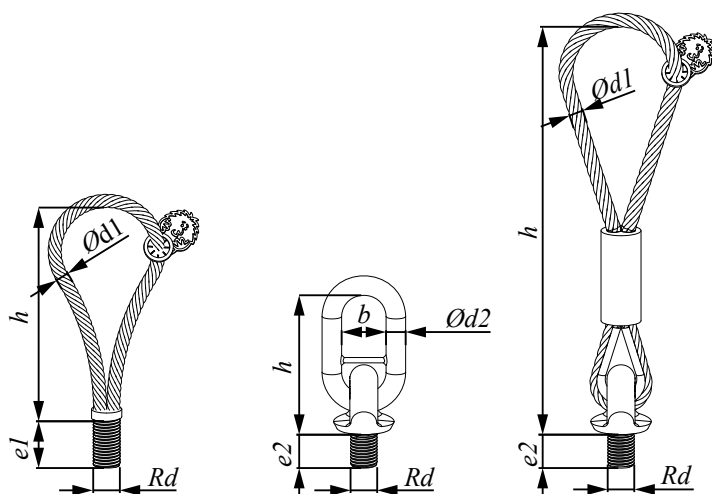
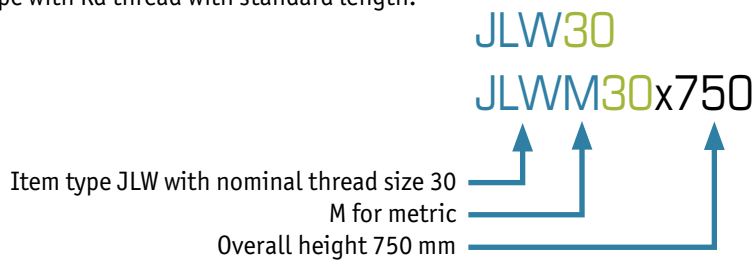


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for β 0-45°	JL, JLW SWL for γ 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 Peikko JENKA JLW lifting key.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as JLW30 or JLW30x475 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. JRd/JM	TLL	JL		JLW
		[kg/pcs]		
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	



Moving solutions with safety, reliability and efficiency

PASSENGER ELEVATORS

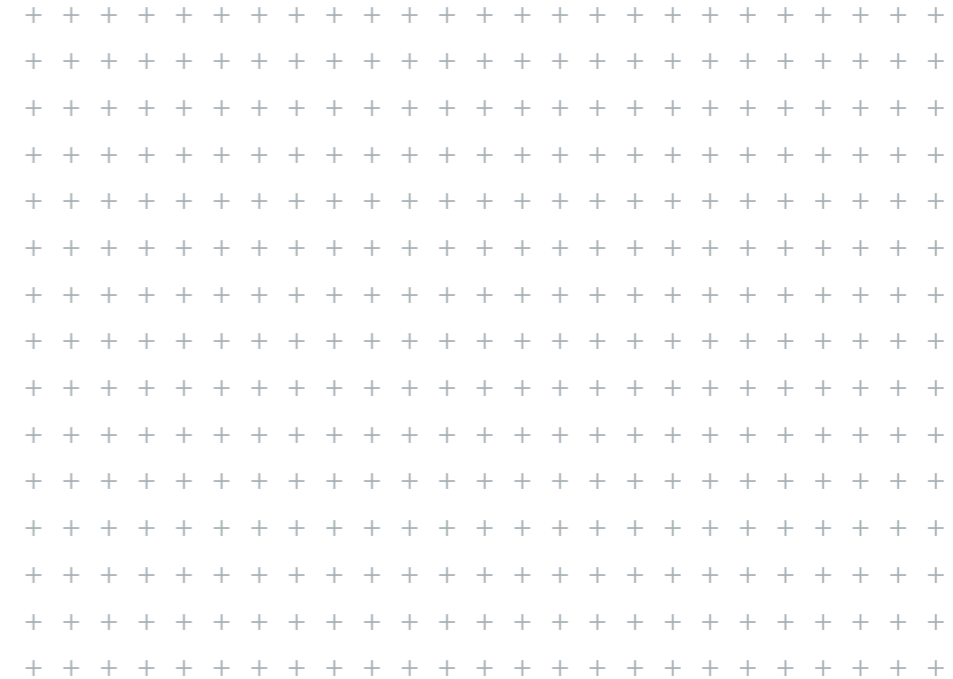


 **HYUNDAI ELEVATOR**

YZER (Machine-room-less elevators)

An innovative elevator which does not require a separate machine room.

Machine Room Less



High space efficiency

The thinner control panel and compact gearless traction machine eliminate the need for a separate machine room because the system is so compact it can be located at any floor or on hoistway wall.

More flexible architectural design

The building roof line can be enhanced due to the elimination of the conventional penthouse type machine room. It enables a free layout of hoistway position as the machine room is not necessary.

Reduction of building cost

Expenses for the construction of machine room as well as the completion time of building work can be reduced as the machine room is not necessary.

Compact gearless traction machine

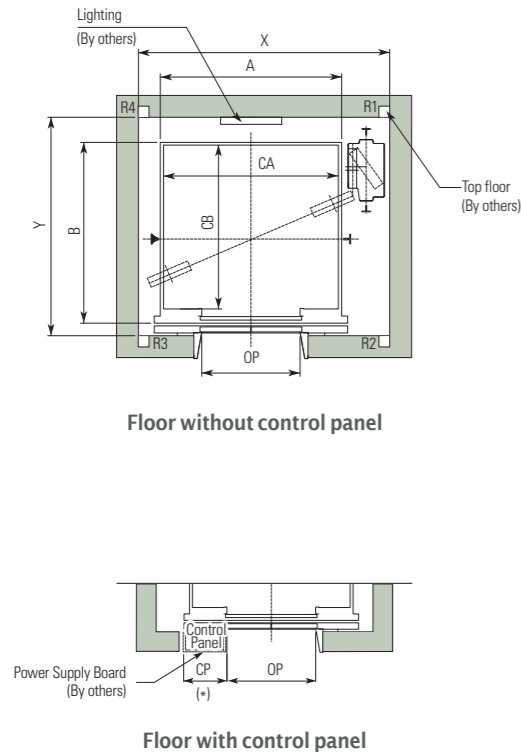
By using gearless traction machine with permanent magnet synchronous motor, it provides smoother ride, improved energy-saving, and environment friendly features.

Enhanced safety

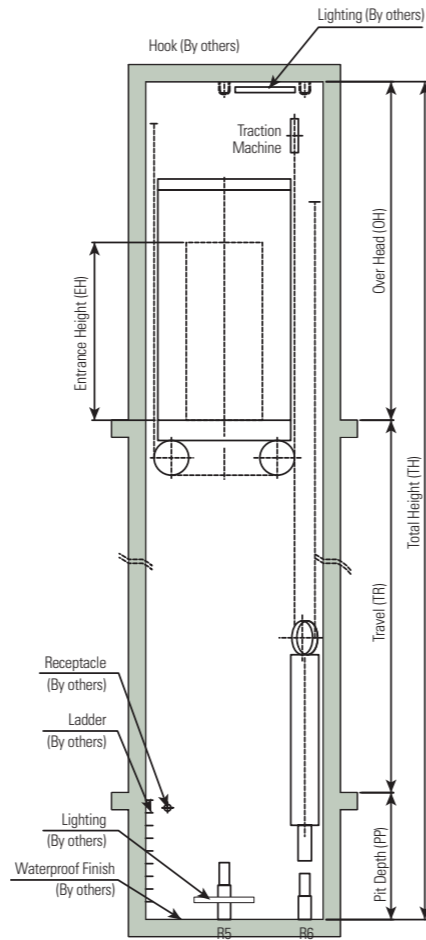
The self-checking system as part of the software/hardware design built-in the elevator and drive control system greatly improve safety of the elevator operation.



Plan of Hoistway



Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH)		Pit Depth (PP)	Control Panel (CP)*
		2 Panel Center Open	2 Panel Side Open		
550 ~ 1150	1.0	3800	4300	1500	530
	1.5	3900	4400	1800	
	1.75	4000	4500	2100	
900 ~ 1150	2.0	4300	4800	2200	530
	2.5	5100	5600	2400	630
1350 ~ 1600	1.0	4200	4700	1500	530
	1.5	4300	4800	1800	
	1.75	4500	5000	2100	
	2.0	4800	5300	2200	
1750 ~ 2000	2.5	5100	5600	2400	630
	1.0	4400	4900	1750	
1750 ~ 2000	1.5	4500	5000	1900	630
	1.75	4600	5100	2100	
	2.0	4800	5300	2200	
2250 ~ 2500	1.0	5000	5500	1750	630
	1.5	5100	5600	1900	
	1.75	5300	5800	2100	

- Notes : 1. Above dimensions are applied for car height of 2500mm and standard car size & opening for other applicable dimensions, please contact us.
 2. In case of side open or requested wide opening size to compare car width, OH should be increased 500mm.
 3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, please consult us.

Standard Dimensions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg			CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
1.0	8	550	2 Panel Center Open	800	1300 x 1100	1360 x 1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600	
	9	600		800	1300 x 1190	1360 x 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600	
	10	700		800	1300 x 1300	1360 x 1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600	
	11	750		800	1300 x 1400	1360 x 1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700	
	1.5	13		900	900	1600 x 1300	1660 x 1505	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900
		15		1000	900	1600 x 1400	1660 x 1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000
17		1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2600	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500	
1.75	20	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000	
	24	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	27	1750		1200	2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8600	4300	2900	1300	16700	2800	
	30	2000		1200	2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300	
	38	2500		1300	2200 x 2200	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700	
	2.0	13	900	900	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300	
15		1000	900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500		
17		1150	1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700		
20		1350	1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100		
24		1600	1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300		
2.5		13	900	900	1600 x 1350	1700 x 1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	15	1000	900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500		
	17	1150	1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700		
	20	1350	1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100		
	24	1600	1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300		
	1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300				

EN81 Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg			CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
1.0	7	550	2 Panel Center Open	800	1300 x 1100	1360 x 1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600	
	8	630		800	1300 x 1190	1360 x 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600	
	9	700		800	1300 x 1300	1360 x 1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600	
	10	800		800	1300 x 1400	1360 x 1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700	
	1.5	12		900	900	1600 x 1300	1660 x 1455	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900
		13		1000	900	1600 x 1400	1660 x 1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000
15		1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2600	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500	
1.75	18	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000	
	21	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	23	1750		1200	2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8600	4300	2900	1300	16700	2800	
	26	2000		1200	2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300	
	33	2500		1300	2200 x 2200	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700	
	2.0	12	900	900	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300	
13		1000	900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500		
15		1150	1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700		
18		1350	1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100		
21		1600	1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300		
2.5		12	900	900	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	13	1000	900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500		
	15	1150	1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700		
	18	1350	1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100		
	21	1600	1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300		
	1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300				

NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEMS



**REVISED
2017**



The Paramount Tower, San Francisco

Over 30 Million Sold World-Wide



Splice Sleeve North America, Inc.



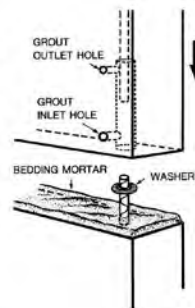
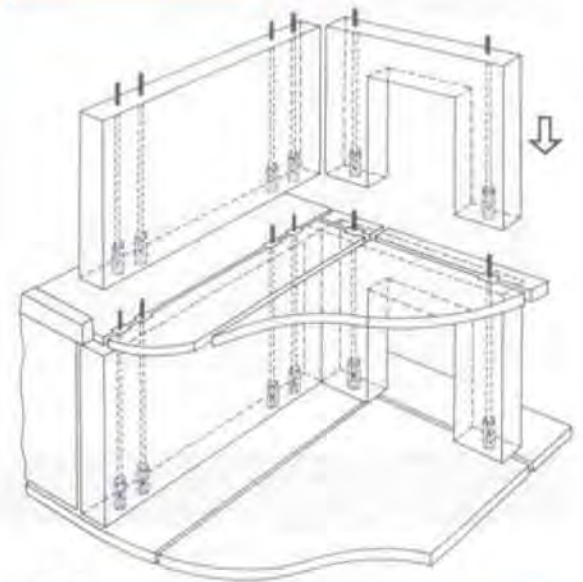
NMB SPLICE-

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





8 Day Bridge – Epping, NH



Salt Lake City – Front Runner Railway



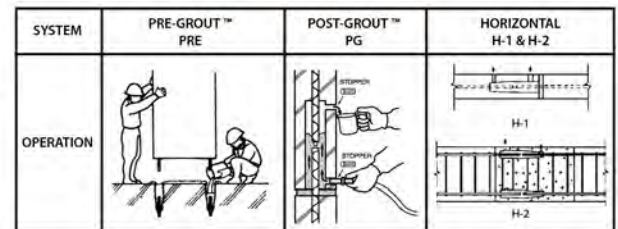
F35 Training Facility ATCT

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	14,895
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

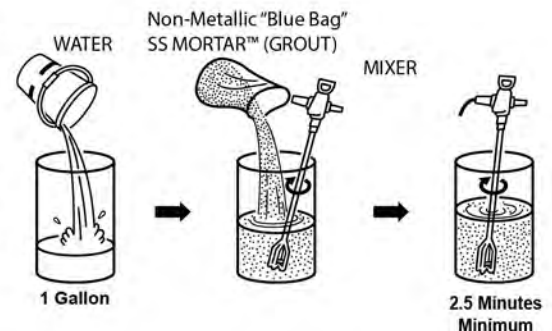
Calculated strength — calculated from the formula $(24.758 \text{ Ln } x \text{ Cumulative Temperature}) - 54.183$

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-

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].

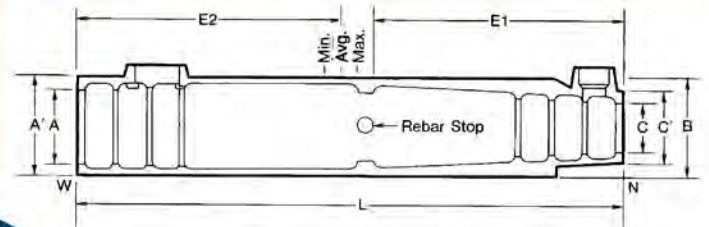
Grout Specification: The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

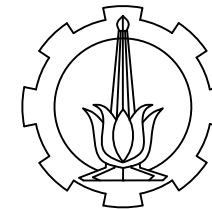
Type 2 (ACI)*	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	9,500 psi
Type 1 & AASHTO	(125% Fy = 75 ksi)	6,500 psi
Yield Strength	(100% Fy = 60 ksi)	4,000 psi

NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.
*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*											RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH					
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter		Max. Dia. (B) inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)		I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)

**The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

0311154000036

JUDUL GAMBAR

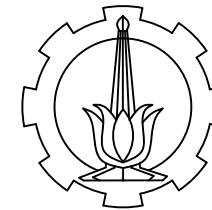
DAFTAR GAMBAR

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
—	—	—

—

DAFTAR GAMBAR

NO.	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO.	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	DENAH BALOK LT.BASEMENT-4	1:250	23	DETAIL TANGGA	1:50
2	DENAH BALOK LT.5-9	1:250	24	DETAIL PELAT A	1:100
3	DENAH BALOK LT 10-ATAP	1:250	25	DETAIL PELAT B	1:100
4	DENAH PELAT LANTAI	1:250	26	DETAIL PELAT C	1:100
5	DENAH PELAT ATAP	1:250	27	DETAIL PELAT D	1:100
6	DENAH KOLOM K1	1:250	28	DETAIL PELAT E	1:100
7	DENAH KOLOM K2	1:250	29	DETAIL PELAT F	1:100
8	DENAH KOLOM K3	1:250	30	DETAIL PELAT G	1:100
9	DETAIL BALOK ANAK	1:40	31	DETAIL PELAT H	1:100
10	DETAIL BALOK INDUK	1:40	32	DETAIL PELAT I	1:75
11	DETAIL TULANGAN ANGKAT BALOK ANAK	1:50	33	DETAIL PELAT J	1:75
12	DETAIL TULANGAN ANGKAT BALOK INDUK	1:50	34	DETAIL PORTAL	1:75
13	DETAIL KOLOM	1:40	35	SAMBUNGAN KOLOM-BALOK INDUK	1:30
14	DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK	1:30	36	SAMBUNGAN KOLOM-BALOK INDUK	1:30
15	DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK	1:40	37	SAMBUNGAN BALOK INDUK-BALOK ANAK	1:20
16	DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK	1:50	38	DENAH PONDASI	1:250
17	DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK	1:50	39	DENAH POER	1:250
18	DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK	1:50	40	DETAIL PENULANGAN POER TIPE 1	1:50
19	POTONGAN MEMANJANG	1:300	41	DETAIL PENULANGAN POER TIPE 2	1:50
20	POTONGAN MELINTANG	1:300	42	DENAH DINDING PENAHAN TANAH	1:250
21	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL	1:75	43	DETAIL PENULANGAN DPT BASEMENT	1:50
22	DENAH TANGGA	1:50	44		



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

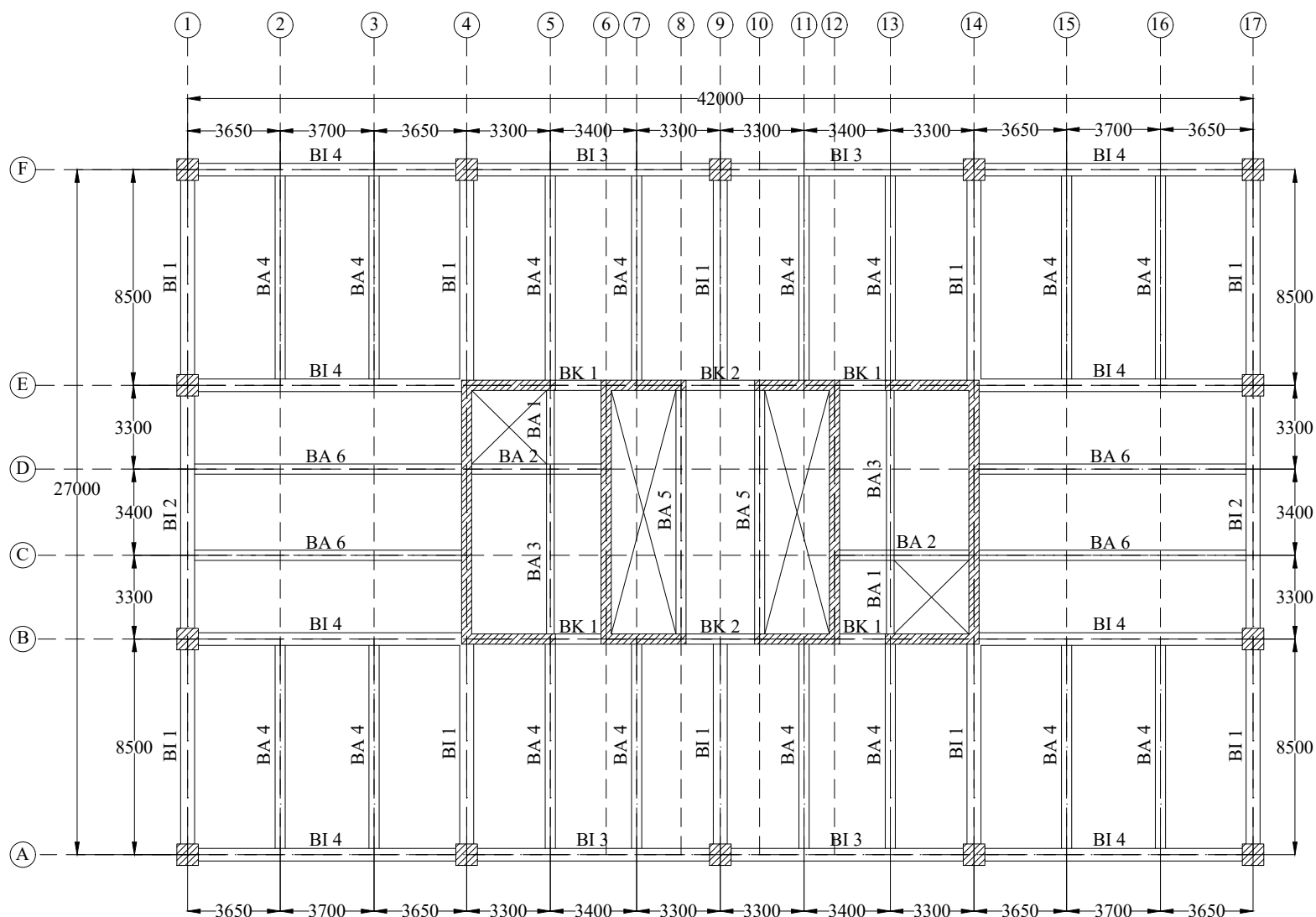
0311154000036

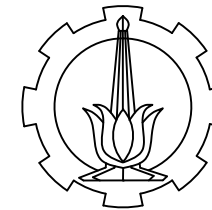
JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI
 BASEMENT-4

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

01/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

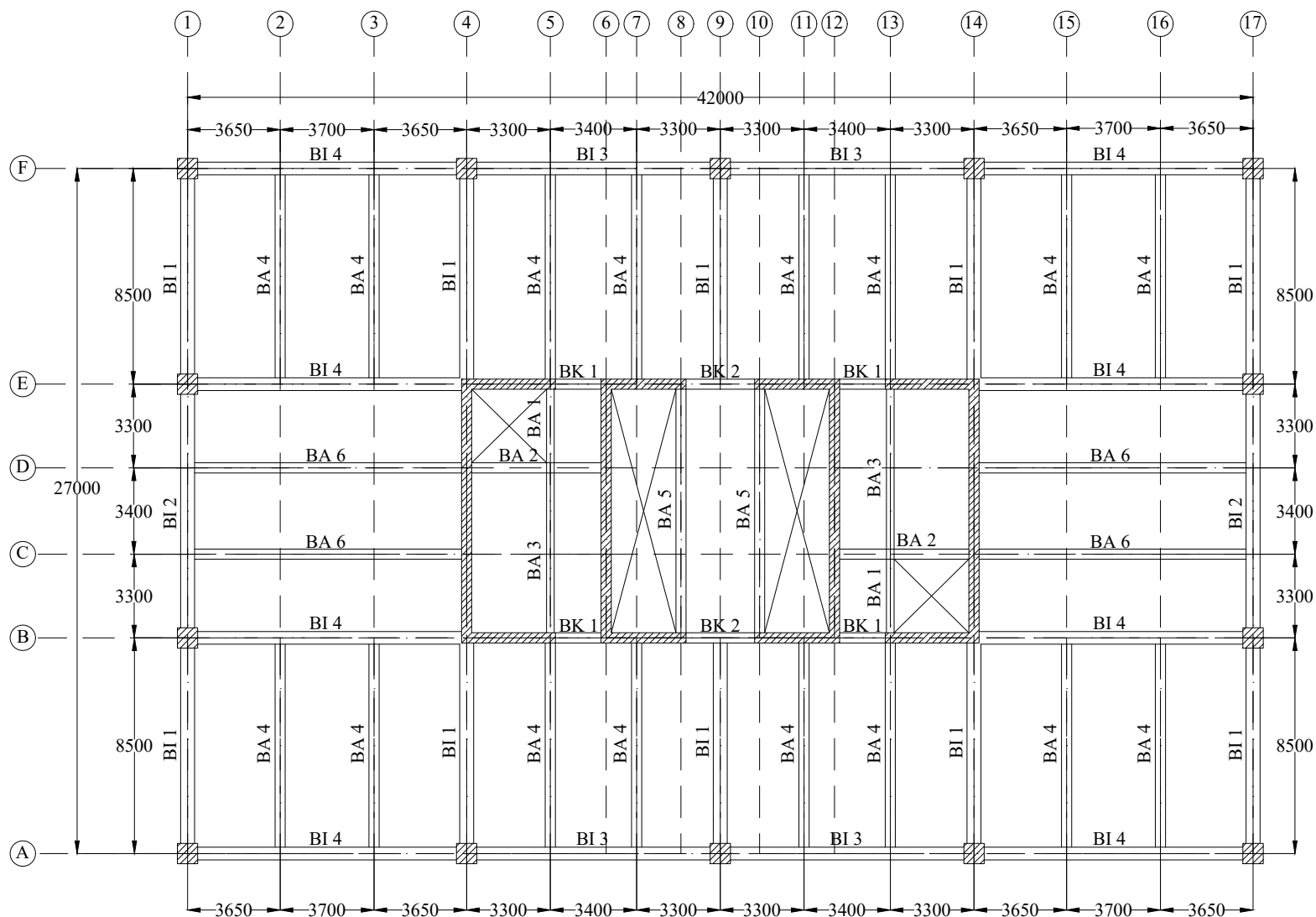
0311154000036

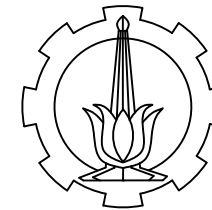
JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 5-9

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

02/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

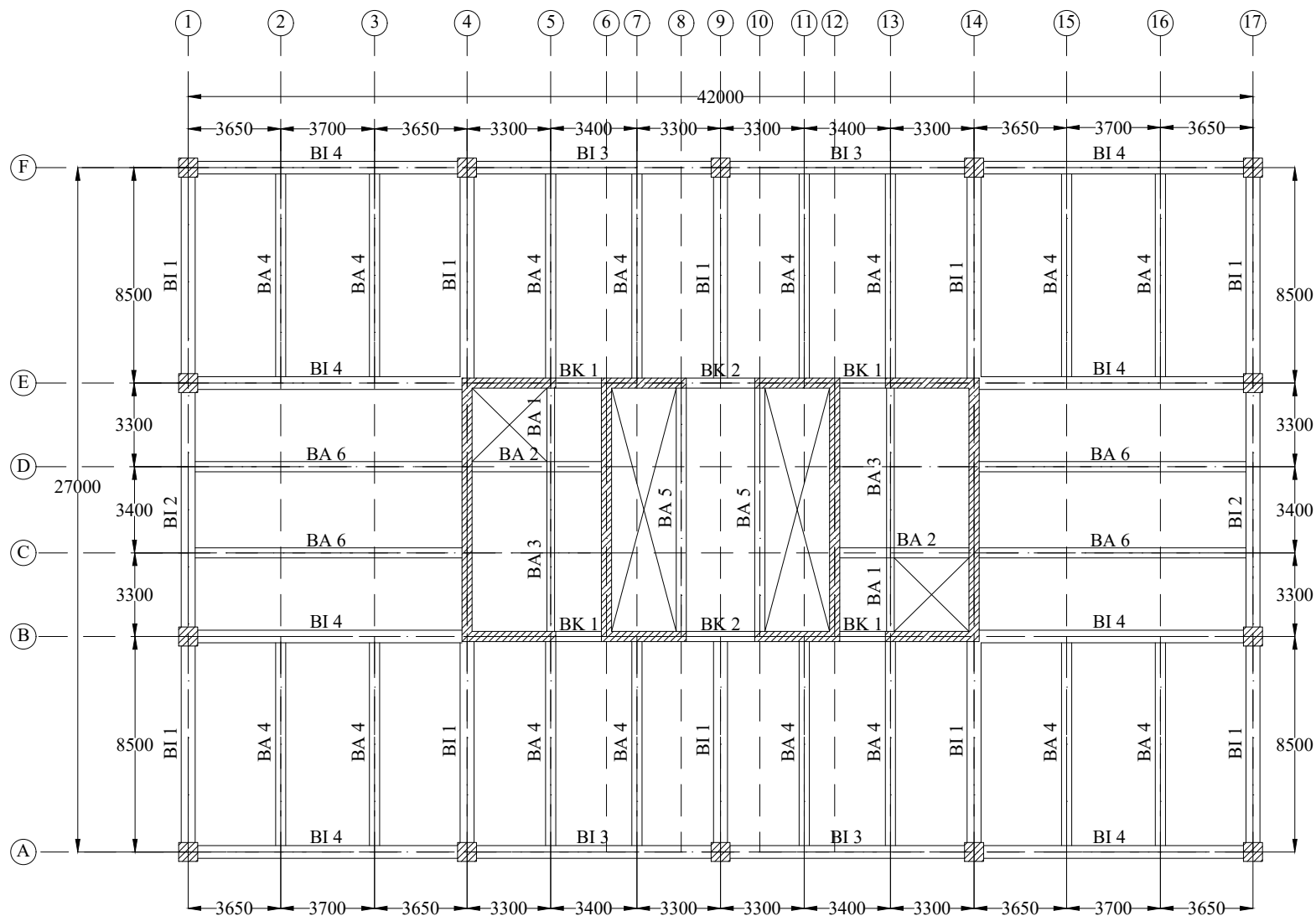
0311154000036

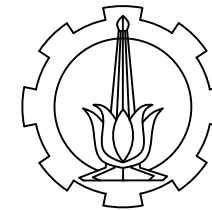
JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 10-15

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

03/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

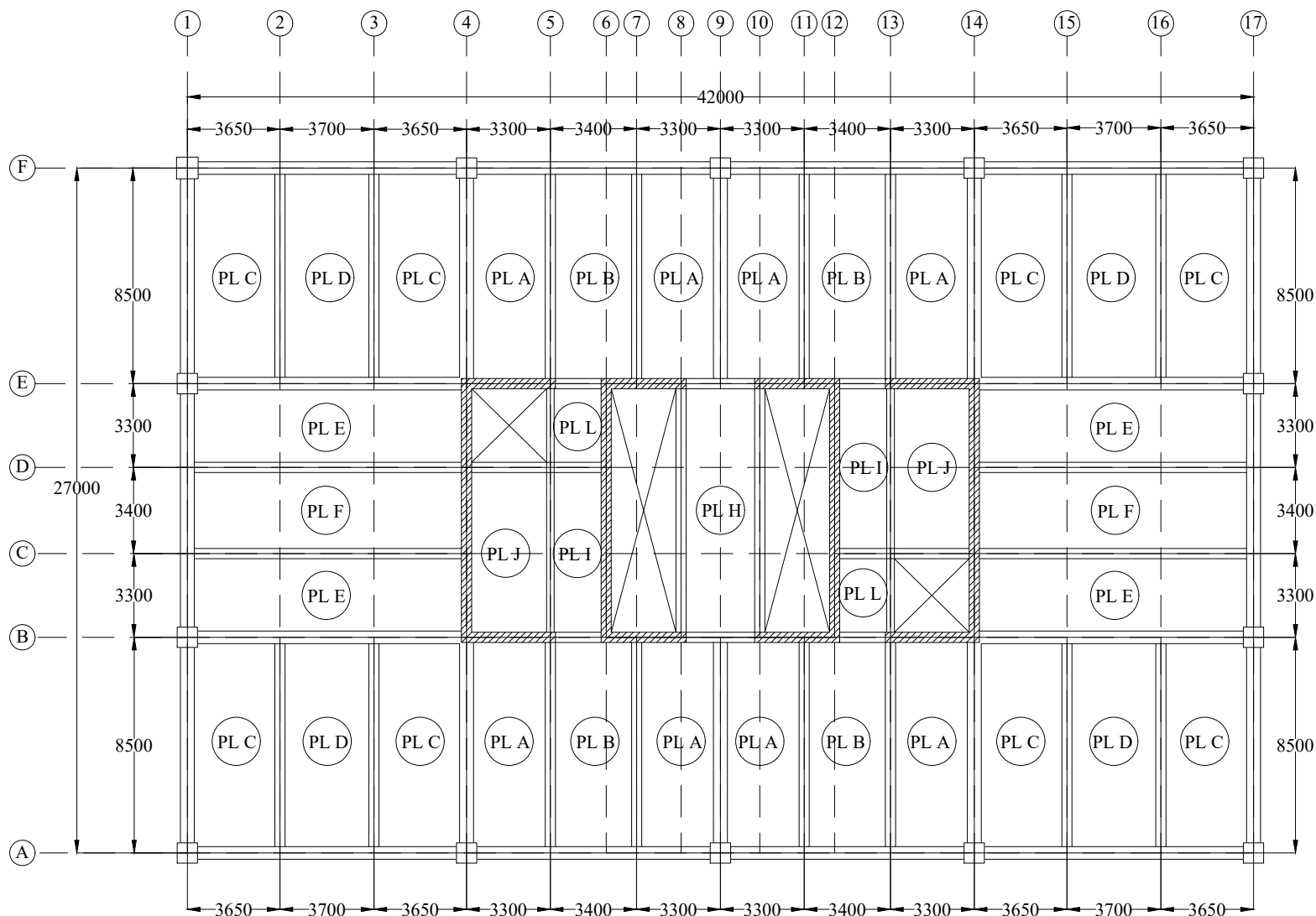
SAHRUL GUNAWAN

NRP

0311154000036

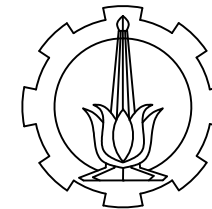
JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI



NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

04/43	1:250	STR
-------	-------	-----



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

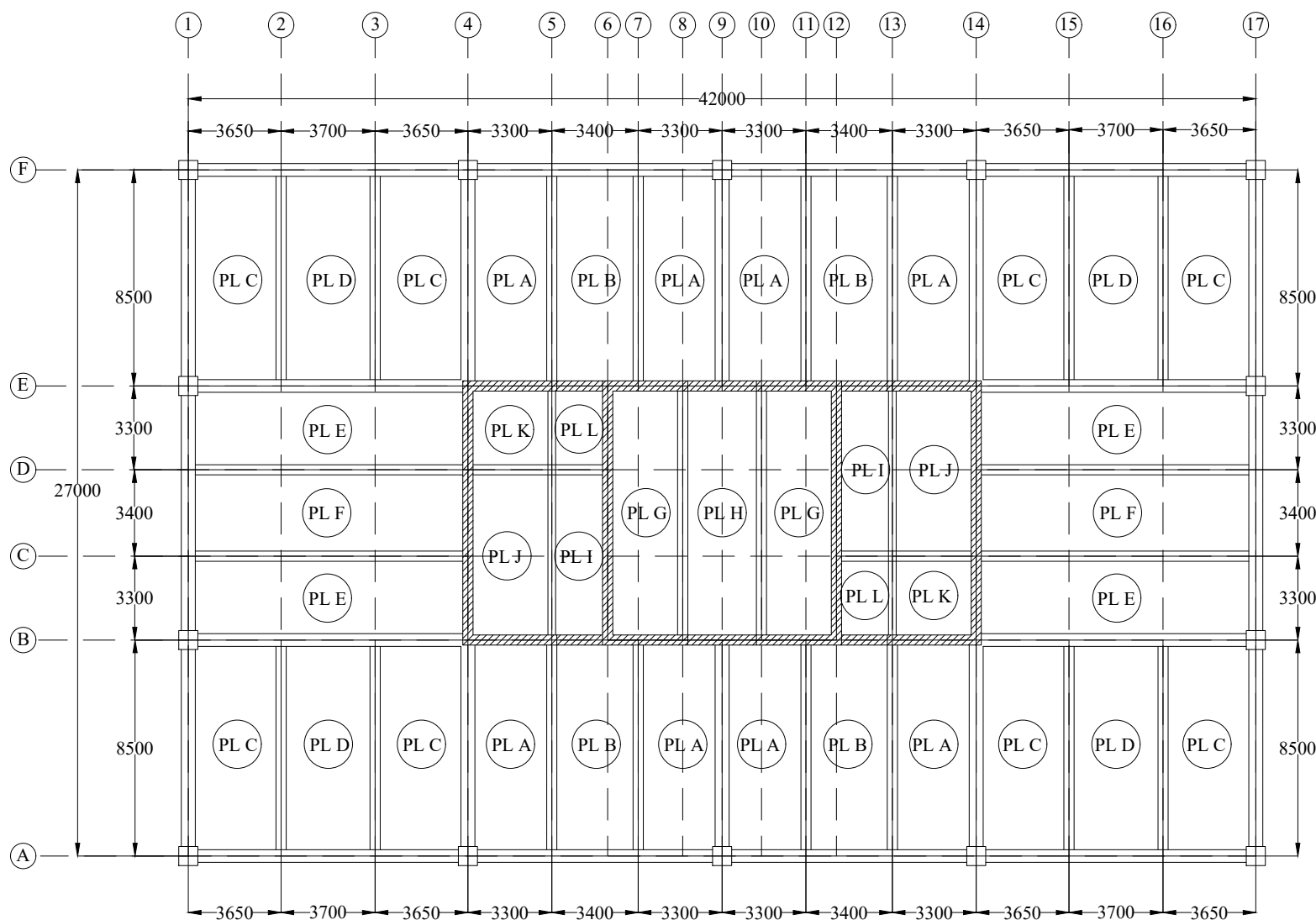
0311154000036

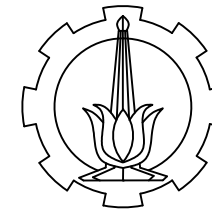
JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT ATAP

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

05/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

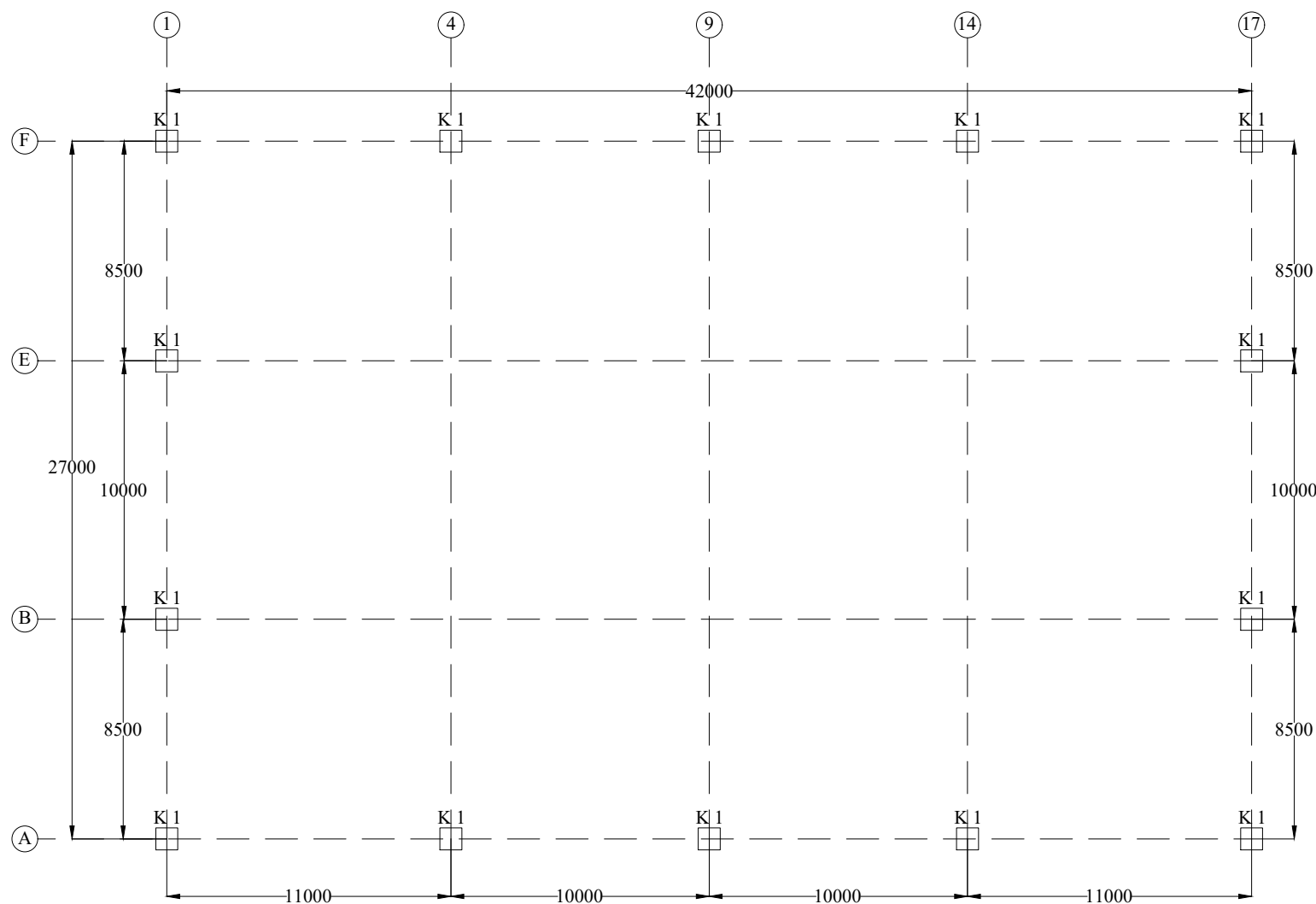
0311154000036

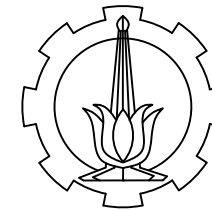
JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI 1-5

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

06/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

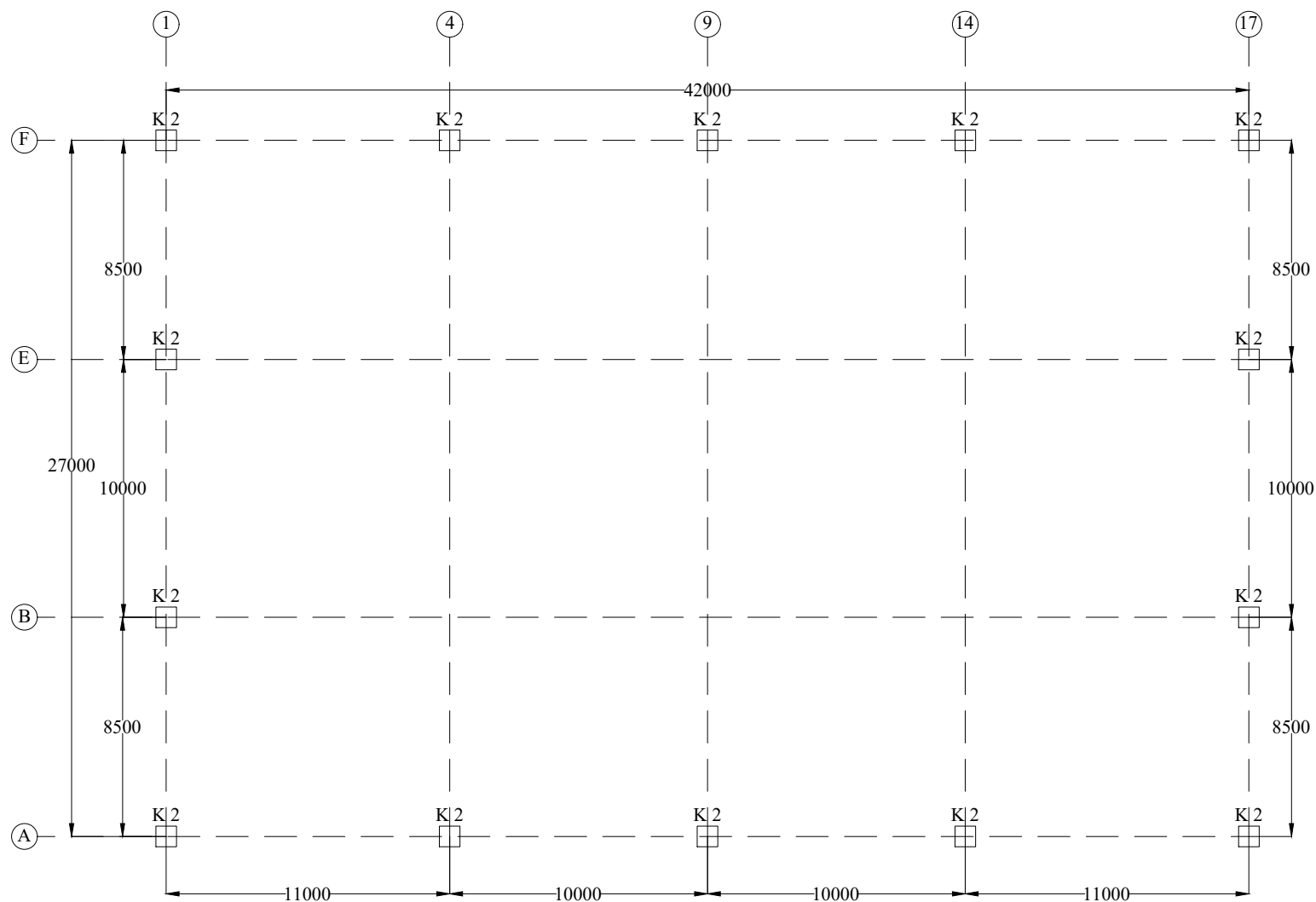
0311154000036

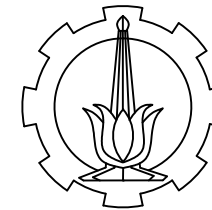
JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI 6-11

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

07/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

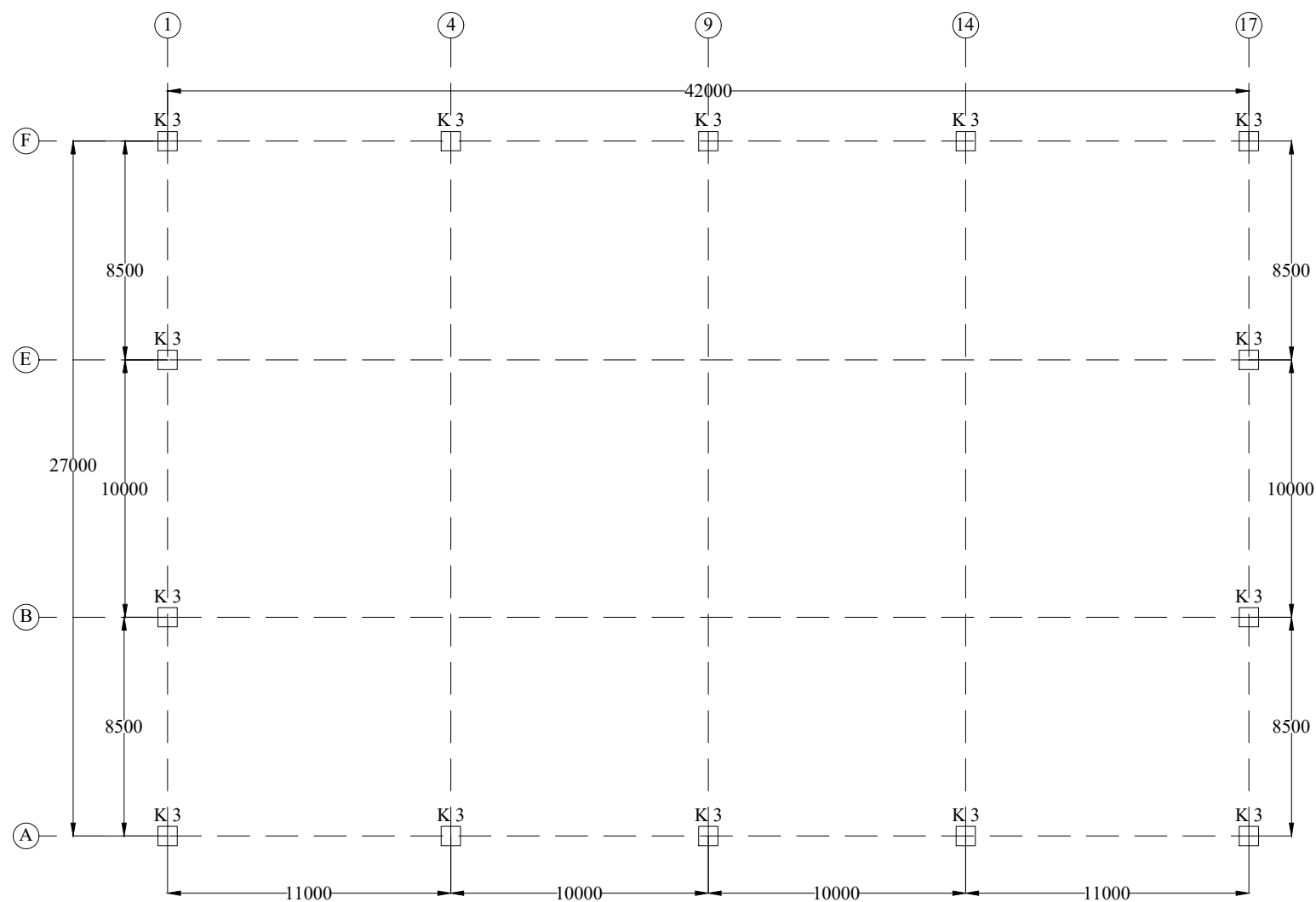
0311154000036

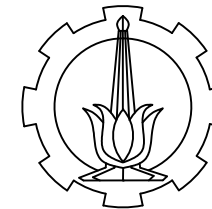
JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI 11-16

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

08/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

0311154000036

JUDUL GAMBAR

DETAIL BALOK ANAK

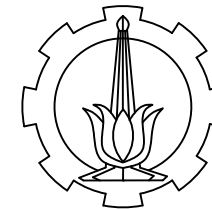
NO. GAMBAR SKALA KODE GAMBAR

09/43

1:40

STR

TIPE BALOK	B.A 1		B.A 2		B.A 3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA						
DIMENSI	300 mm x 400 mm	300 mm x 400 mm	400 mm x 550 mm	400 mm x 550 mm	300 mm x 400 mm	300 mm x 400 mm
DECKING	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm
TULANGAN ATAS	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
TULANGAN TENGAH	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
TULANGAN BAWAH	2D25	2D25	2D25	3D25	2D25	3D25
SENGKANG	2D10 - 35 mm	2D10 - 70 mm	2D10 - 70 mm	2D10 - 125 mm	2D10 - 35 mm	2D10 - 70 mm
TIPE BALOK	B.A 4		B.A 5		B.A 6	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA						
DIMENSI	400 mm x 550 mm	400 mm x 550 mm	400 mm x 550 mm	400 mm x 550 mm	400 mm x 550 mm	400 mm x 550 mm
DECKING	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm
TULANGAN ATAS	3D25	2D25	2D25	2D25	4D25	3D25
TULANGAN TENGAH	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
TULANGAN BAWAH	2D25	6D25	2D25	7D25	2D25	7D25
SENGKANG	2D10 - 70 mm	2D10 - 125 mm	2D10 - 70 mm	2D10 - 125 mm	2D10 - 70 mm	2D10 - 125 mm



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

0311154000036

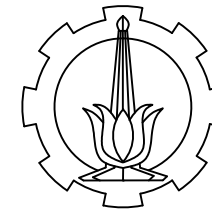
JUDUL GAMBAR

DETAIL BALOK INDUK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

10/43	1:40	STR
-------	------	-----

TIPE BALOK	B.I 1		B.I 2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA				
DIMENSI	550 mm x 800 mm	550 mm x 800 mm	550 mm x 800 mm	550 mm x 800 mm
DECKING	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm
TULANGAN ATAS	6D25	5D25	6D25	5D25
TULANGAN TENGAH	2D25	2D25	4D25	4D25
TULANGAN BAWAH	4D25	4D25	5D25	8D25
SENGKANG	2D13 - 130 mm	2D13 - 260 mm	2D13 - 75 mm	2D13 - 260 mm
TIPE BALOK	B.I 3		B.I 4	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA				
DIMENSI	500 mm x 750 mm	500 mm x 750 mm	500 mm x 750 mm	500 mm x 750 mm
DECKING	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm
TULANGAN ATAS	5D25	4D25	7D25	4D25
TULANGAN TENGAH	2D25	2D25	2D25	2D25
TULANGAN BAWAH	4D25	8D25	5D25	10D25
SENGKANG	2D13 - 100 mm	2D13 - 240 mm	2D13 - 120 mm	2D13 - 240 mm



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

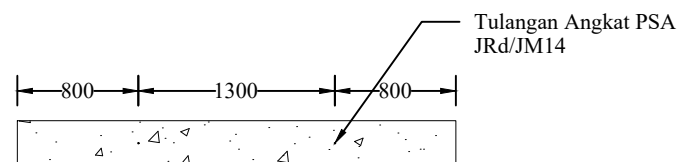
0311154000036

JUDUL GAMBAR

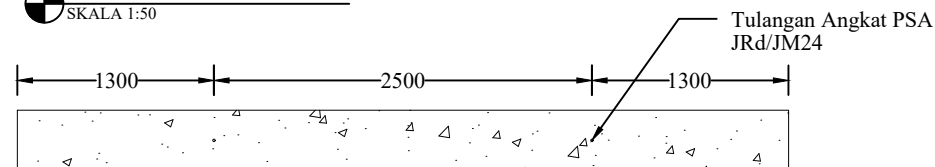
DETAIL TULANGAN ANGKAT
 BALOK ANAK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

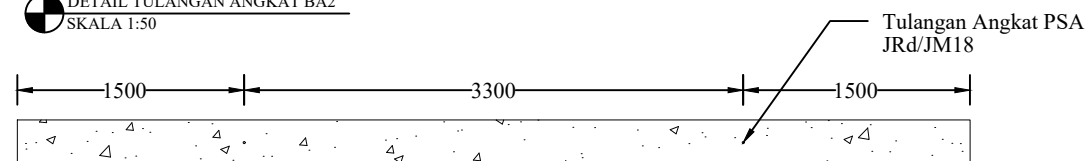
11/43	1:50	STR
-------	------	-----



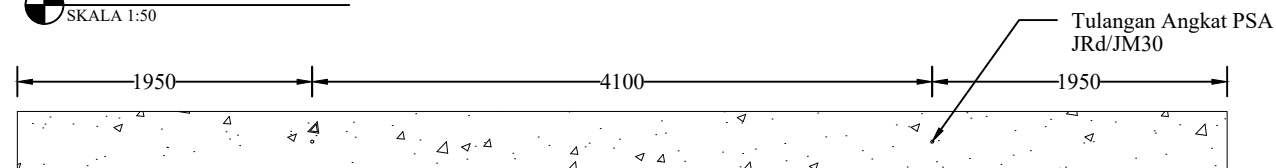
DETAIL TULANGAN ANGKAT BA1
 SKALA 1:50



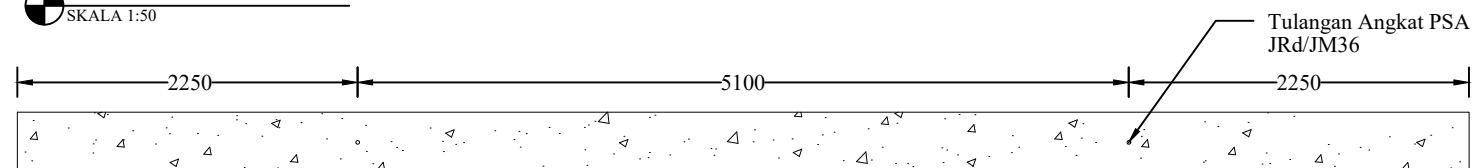
DETAIL TULANGAN ANGKAT BA2
 SKALA 1:50



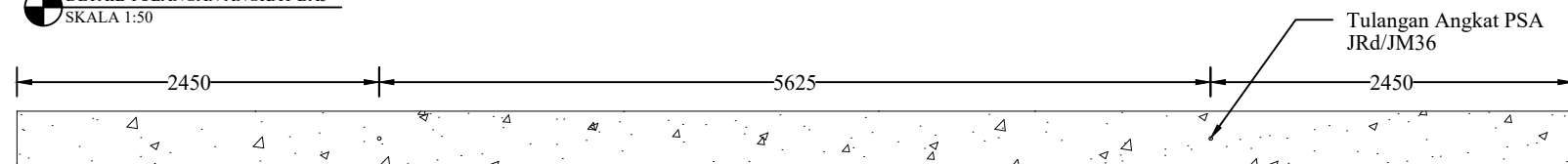
DETAIL TULANGAN ANGKAT BA3
 SKALA 1:50



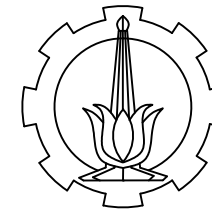
DETAIL TULANGAN ANGKAT BA4
 SKALA 1:50



DETAIL TULANGAN ANGKAT BA5
 SKALA 1:50



DETAIL TULANGAN ANGKAT BA6
 SKALA 1:50



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

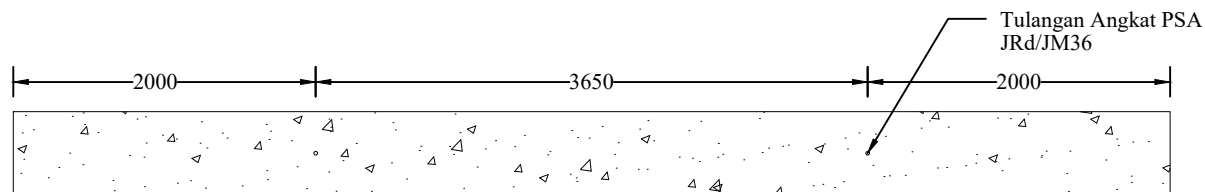
0311154000036

JUDUL GAMBAR

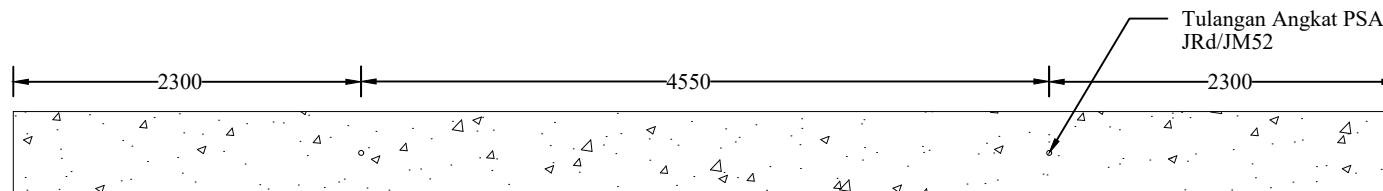
DETAIL TULANGAN ANGKAT
BALOK INDUK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

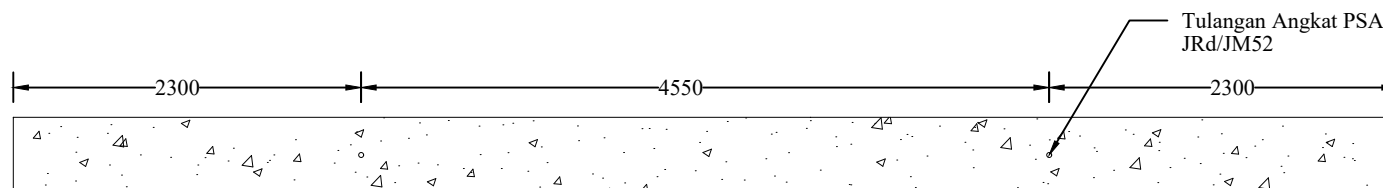
12/43	1:50	STR
-------	------	-----



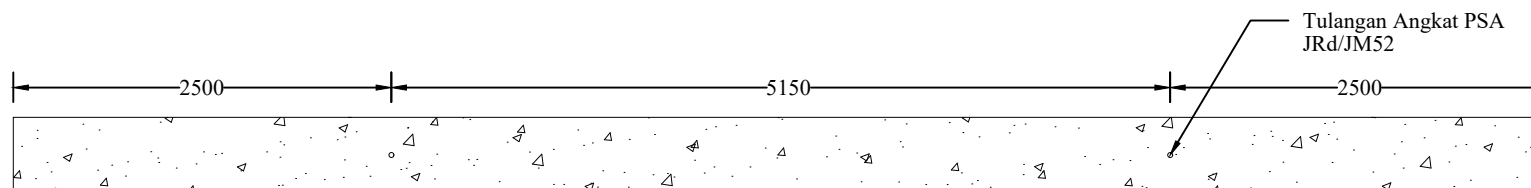
DETAIL TULANGAN ANGKAT B1
SKALA 1:50



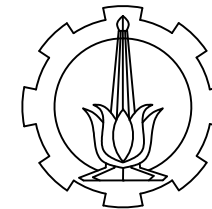
DETAIL TULANGAN ANGKAT B2
SKALA 1:50



DETAIL TULANGAN ANGKAT B3
SKALA 1:50



DETAIL TULANGAN ANGKAT B4
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

03111540000036

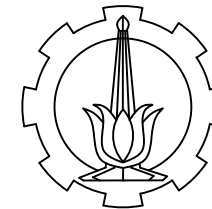
JUDUL GAMBAR

DETAIL KOLOM

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

13/43	1:40	STR
-------	------	-----

TIPE KOLOM	K1		K2		K3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
LANTAI BASEMENT s/d LANTAI 16						
DIMENSI	850 mm X 850 mm	850 mm X 850 mm	800 mm X 800 mm	800 mm X 800 mm	750 mm X 750 mm	750 mm X 750 mm
TULANGAN UTAMA	24D25	24D25	24D25	24D25	16D25	16D25
SENGKANG	5D16 - 100 mm	5D16 - 150 mm	5D16 - 100 mm	5D16 - 150 mm	5D16 - 100 mm	5D16 - 150 mm



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

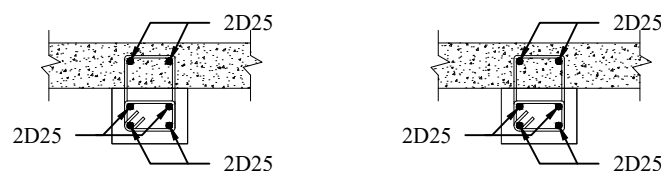
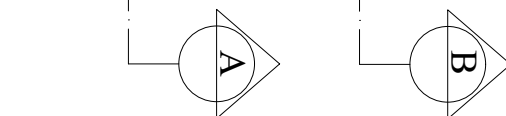
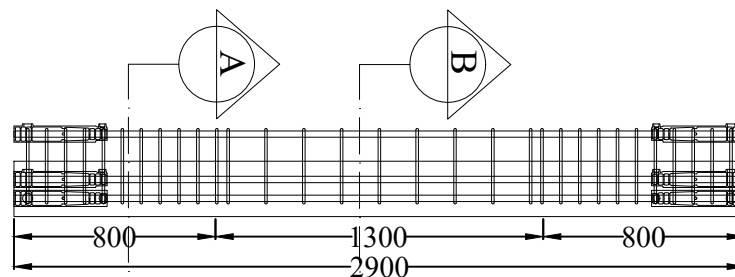
0311154000036

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
ANAK

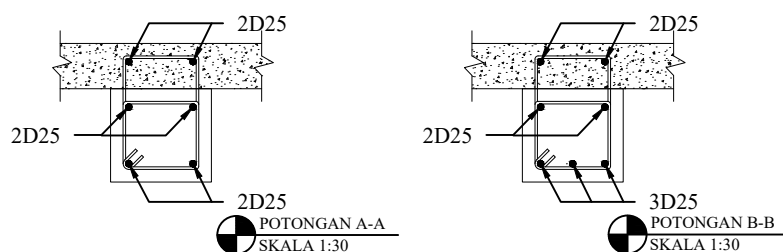
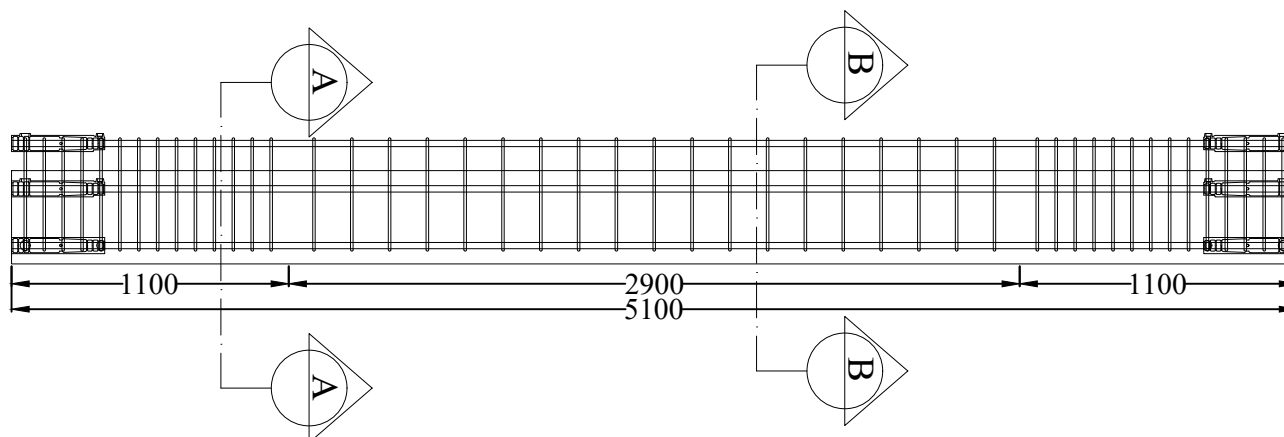
NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

14/43	1:30	STR
-------	------	-----



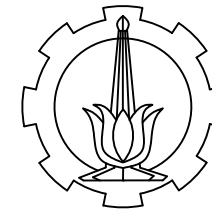
POTONGAN A-A
SKALA 1:30

POTONGAN B-B
SKALA 1:30



POTONGAN A-A
SKALA 1:30

POTONGAN B-B
SKALA 1:30



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

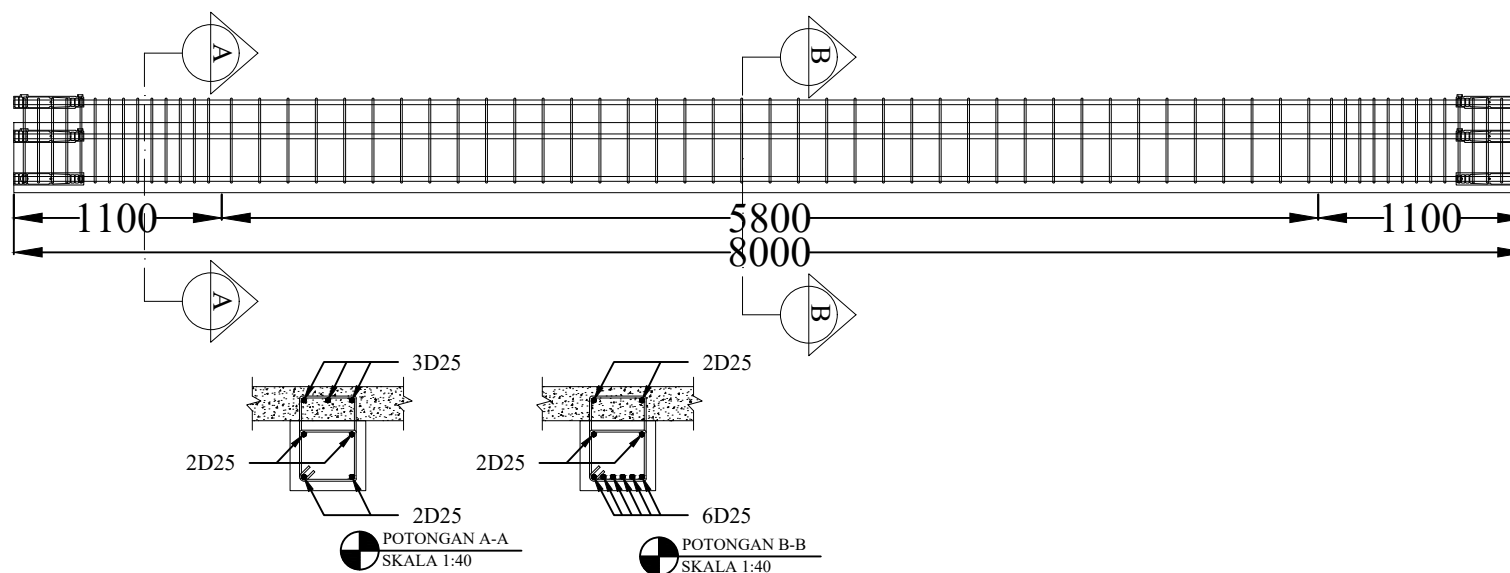
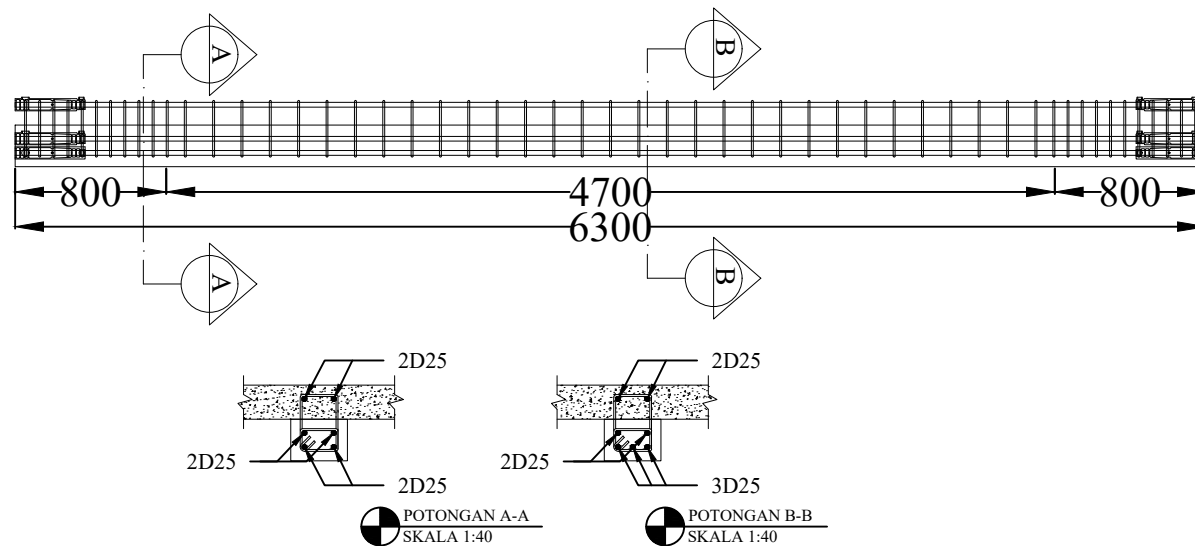
0311154000036

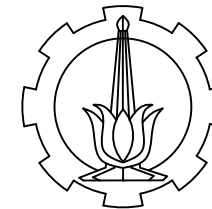
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
 ANAK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

15/43	1:40	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

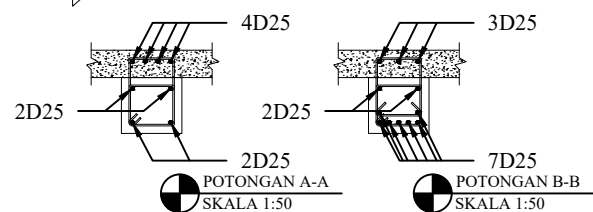
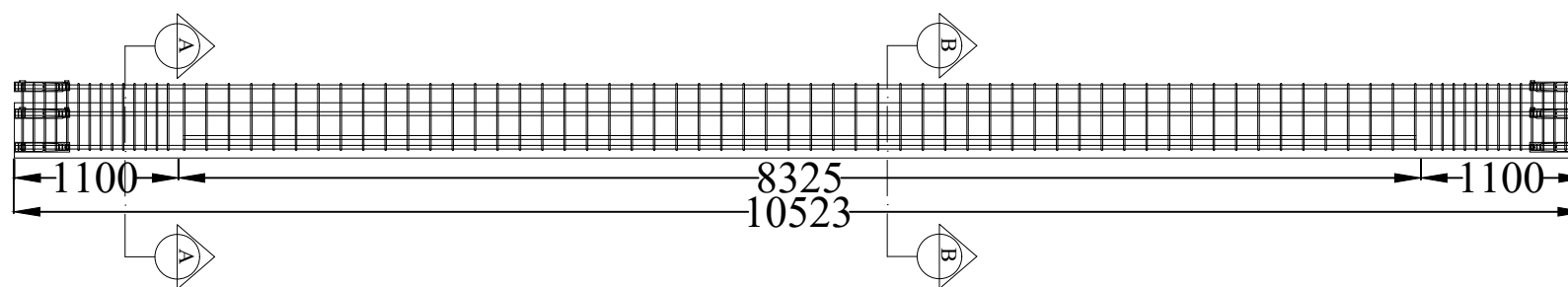
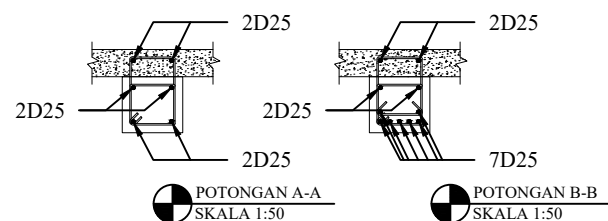
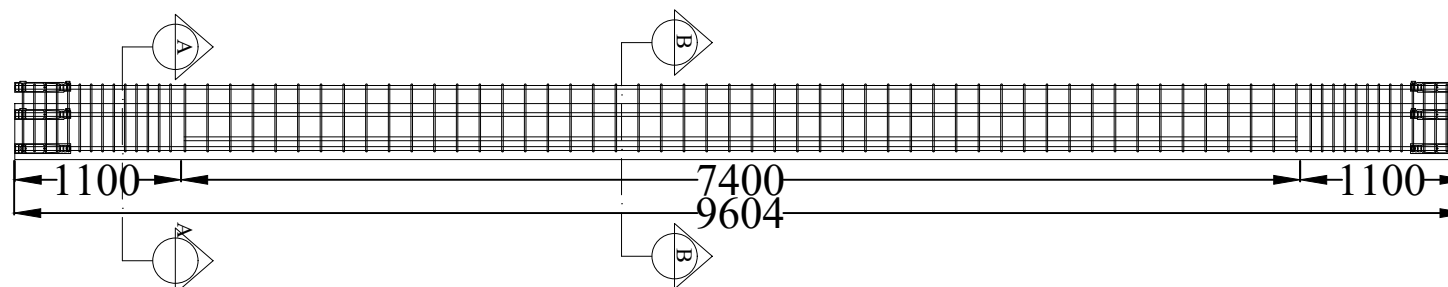
0311154000036

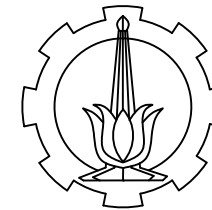
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
 ANAK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

16/43	1:50	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

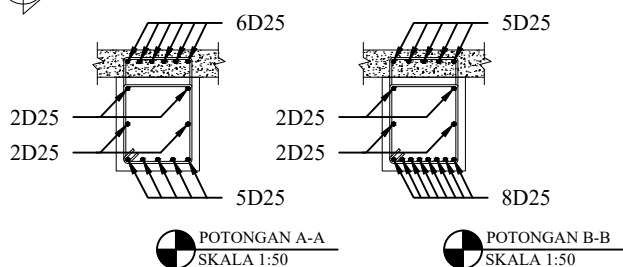
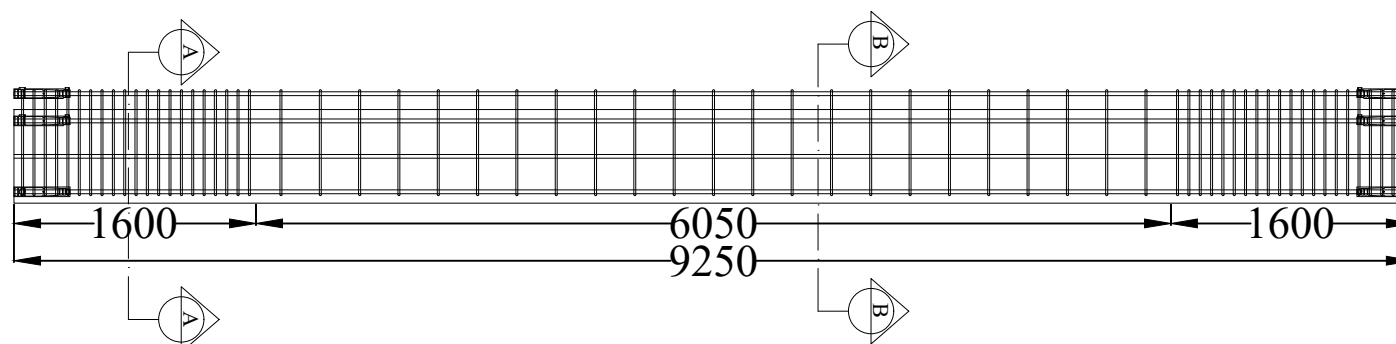
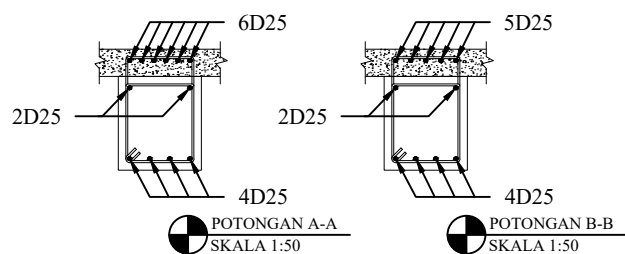
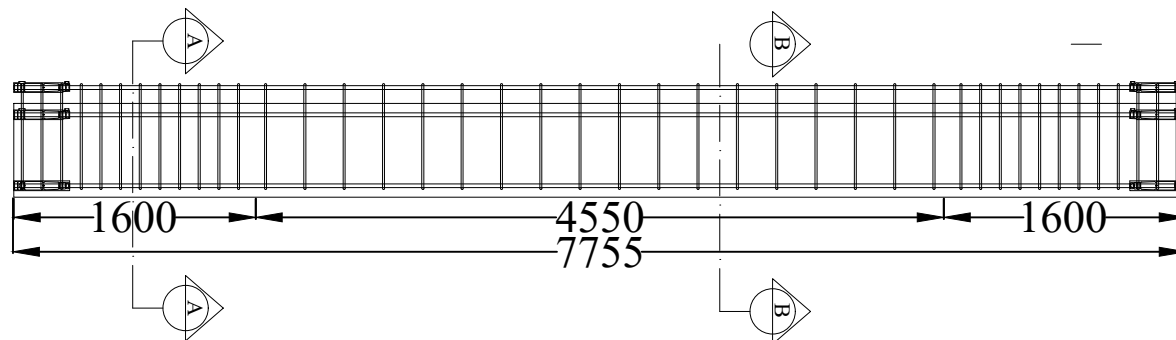
0311154000036

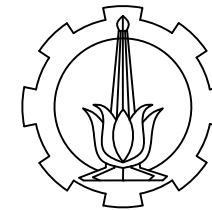
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
 INDUK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

17/43	1:50	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

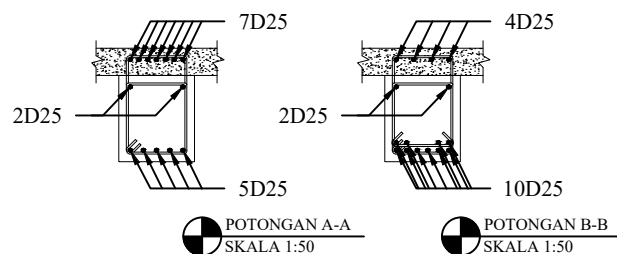
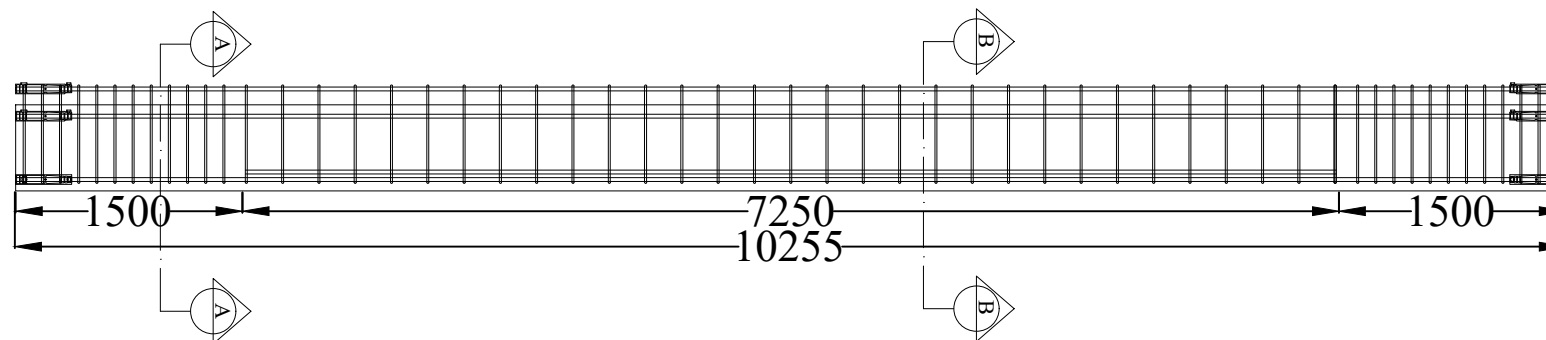
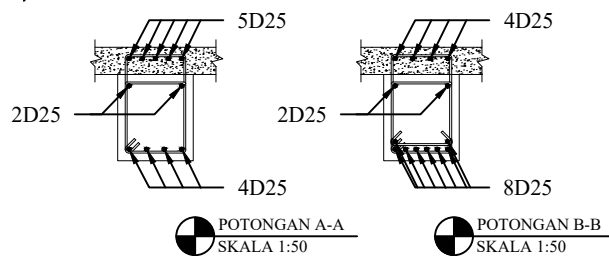
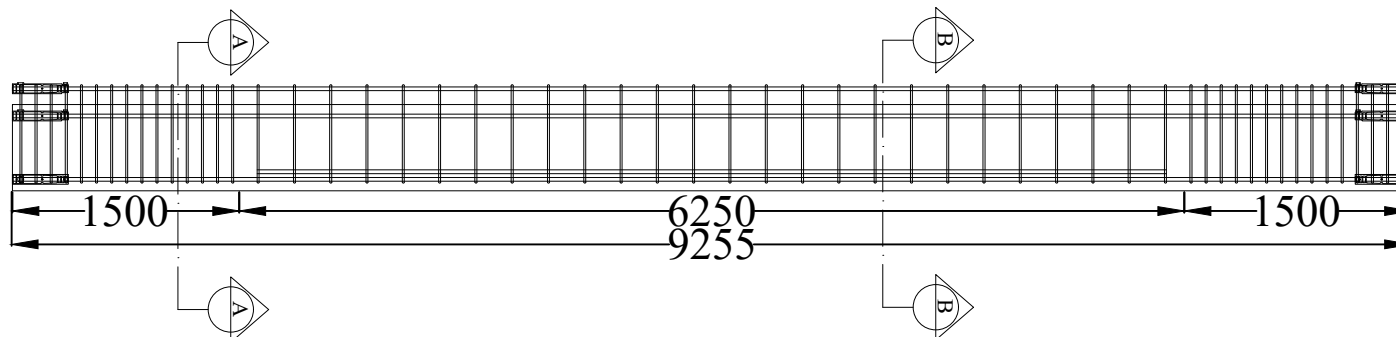
0311154000036

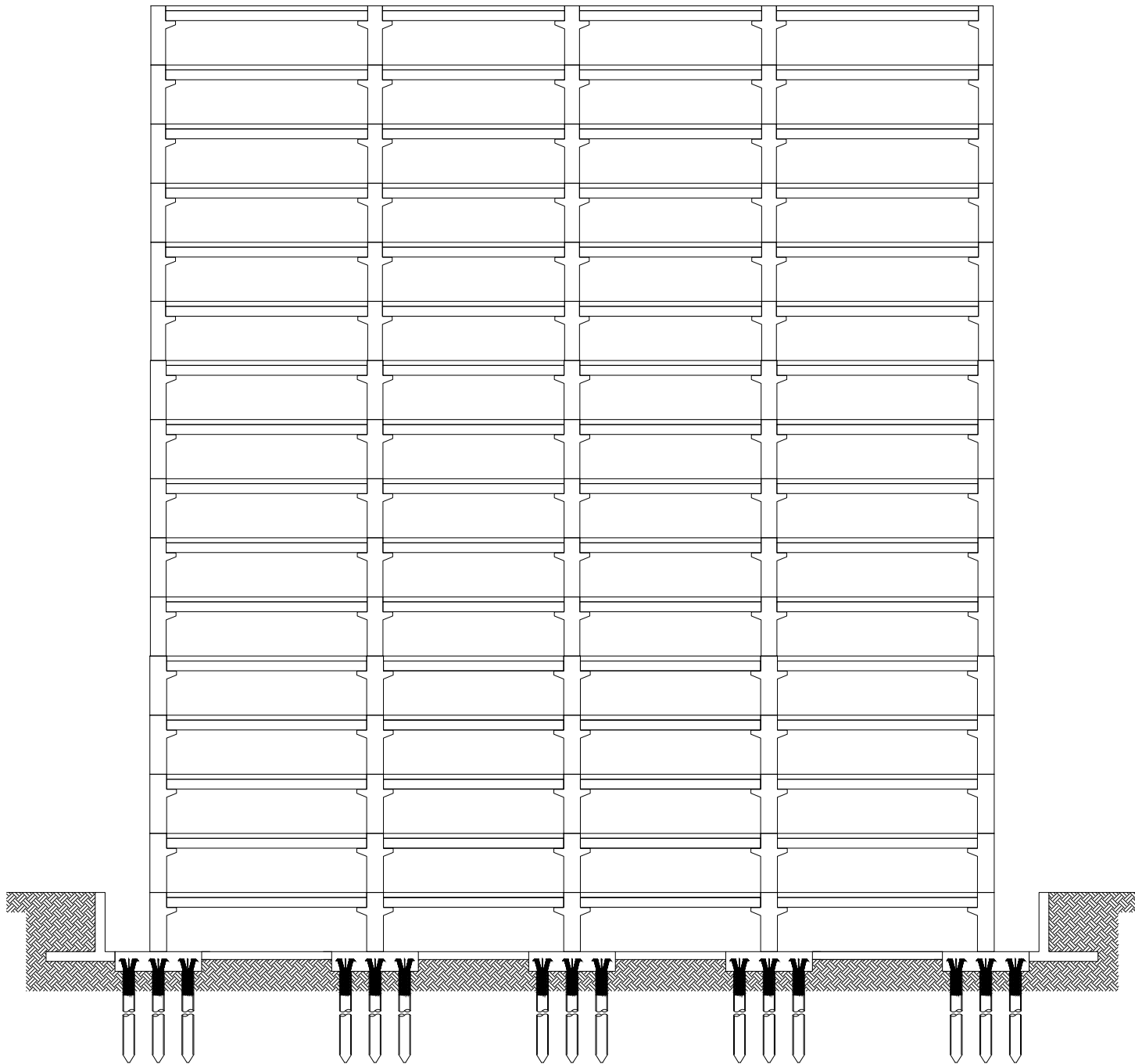
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
 INDUK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

18/43	1:50	STR
-------	------	-----





▼LANTAI ATAP
+45.00

▼LANTAI 15
+42.00

▼LANTAI 14
+39.00

▼LANTAI 13
+36.00

▼LANTAI 12
+33.00

▼LANTAI 11
+30.00

▼LANTAI 10
+27.00

▼LANTAI 9
+24.00

▼LANTAI 8
+21.00

▼LANTAI 7
+18.00

▼LANTAI 6
+15.00

▼LANTAI 5
+12.00

▼LANTAI 4
+9.00

▼LANTAI 3
+6.00

▼LANTAI 2
+3.00

▼LANTAI 1
+0.00

▼LANTAI BASEMENT
-3.00



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

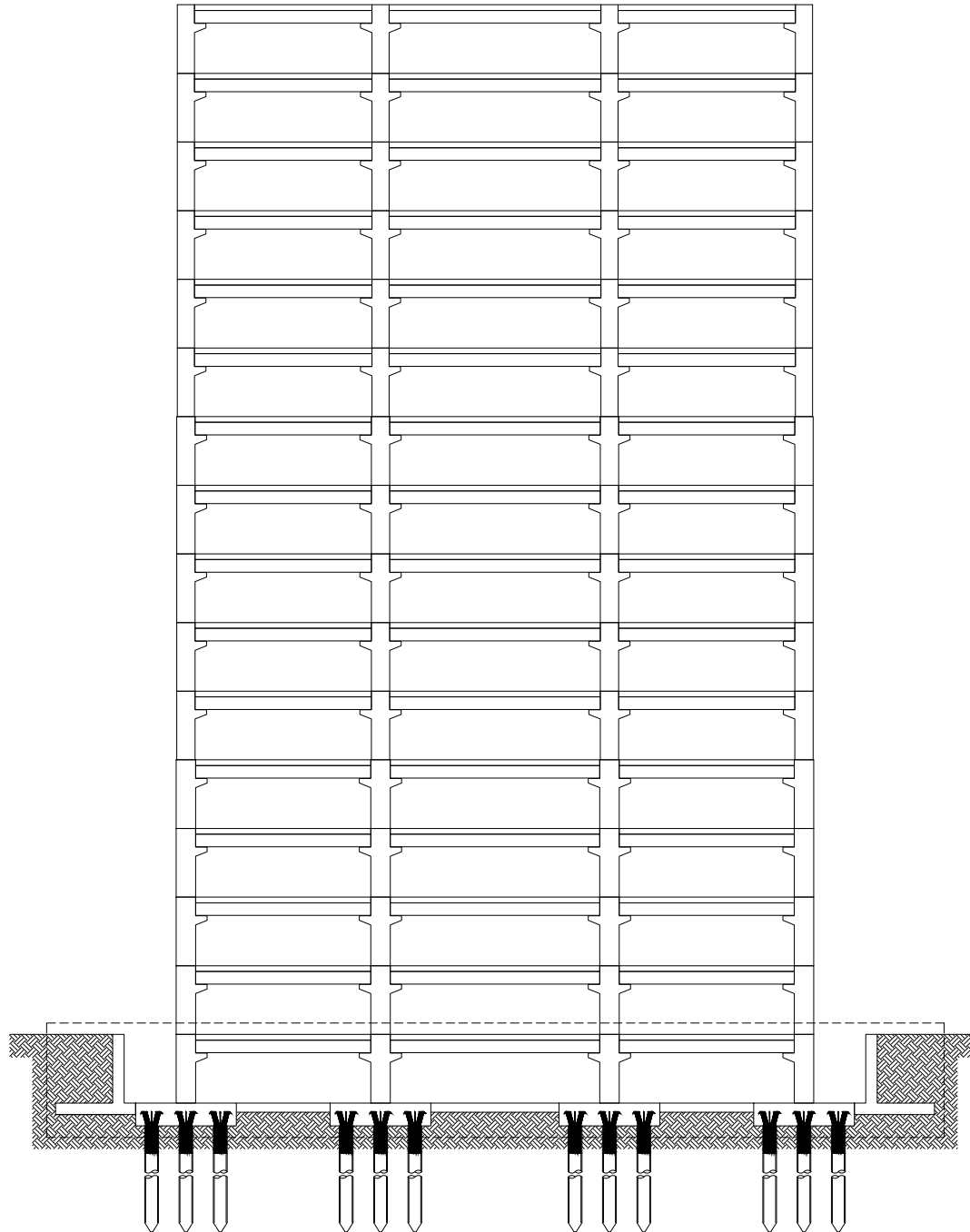
NRP

0311154000036

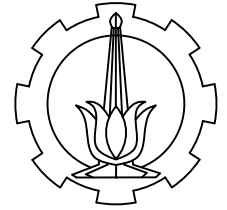
JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
19/43	1:300	STR



- ▼ LANTAI ATAP
+45.00
- ▼ LANTAI 15
+42.00
- ▼ LANTAI 14
+39.00
- ▼ LANTAI 13
+36.00
- ▼ LANTAI 12
+33.00
- ▼ LANTAI 11
+30.00
- ▼ LANTAI 10
+27.00
- ▼ LANTAI 9
+24.00
- ▼ LANTAI 8
+21.00
- ▼ LANTAI 7
+18.00
- ▼ LANTAI 6
+15.00
- ▼ LANTAI 5
+12.00
- ▼ LANTAI 4
+9.00
- ▼ LANTAI 3
+6.00
- ▼ LANTAI 2
+3.00
- ▼ LANTAI 1
+0.00
- ▼ LANTAI BASEMENT
-3.00



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

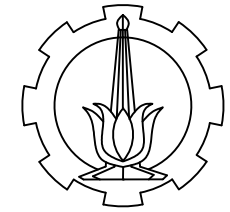
NRP

0311154000036

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
20/43	1:300	STR



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

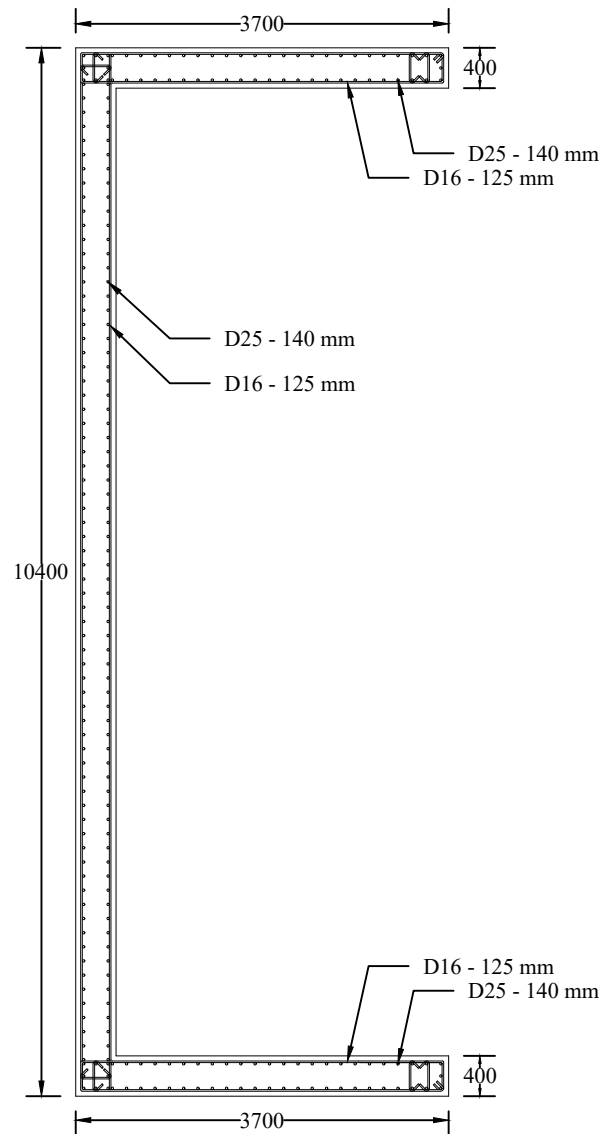
0311154000036

JUDUL GAMBAR

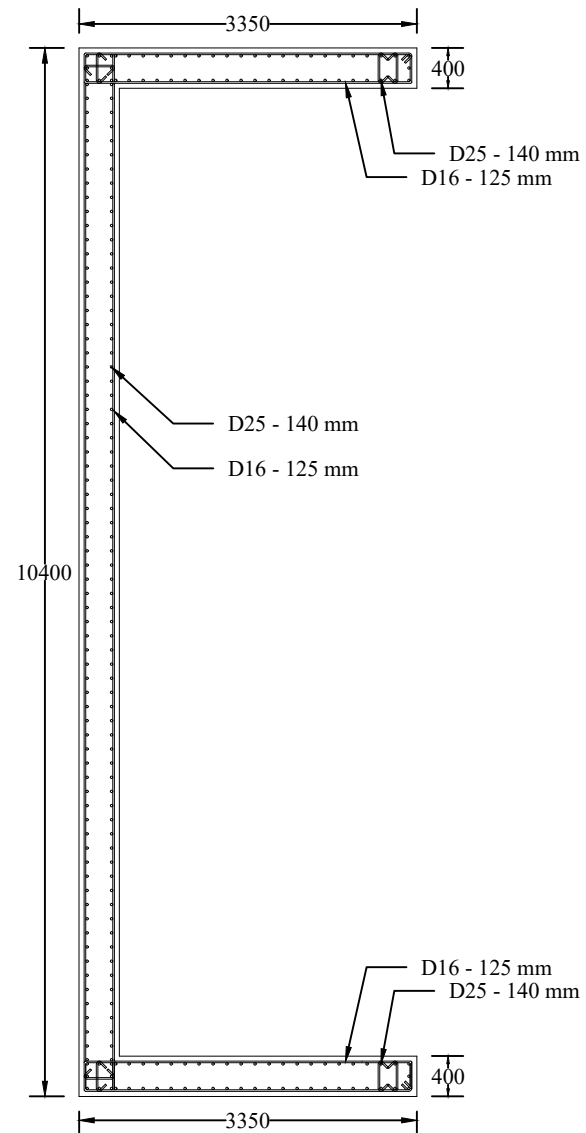
DETAIL PENULANGAN
SHEARWALL

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

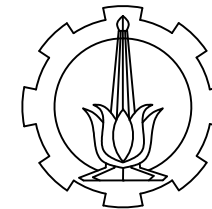
21/43	1:75	STR
-------	------	-----



DETAIL PENULANGAN SHEARWALL TYPE C1
SKALA 1:75



DETAIL PENULANGAN SHEARWALL TYPE C2
SKALA 1:75



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

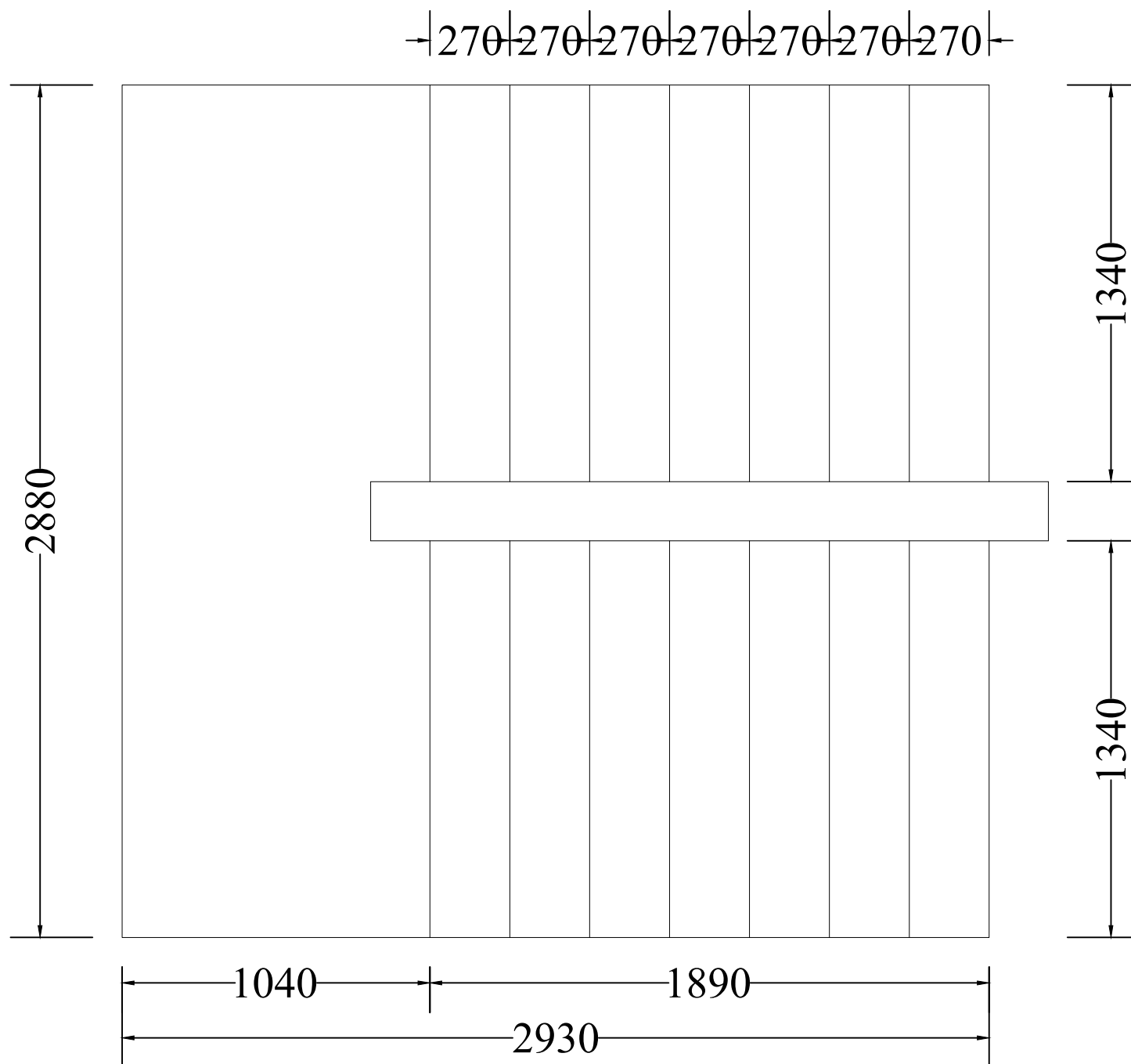
0311154000036

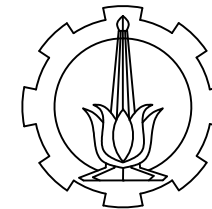
JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

22/43	1:50	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

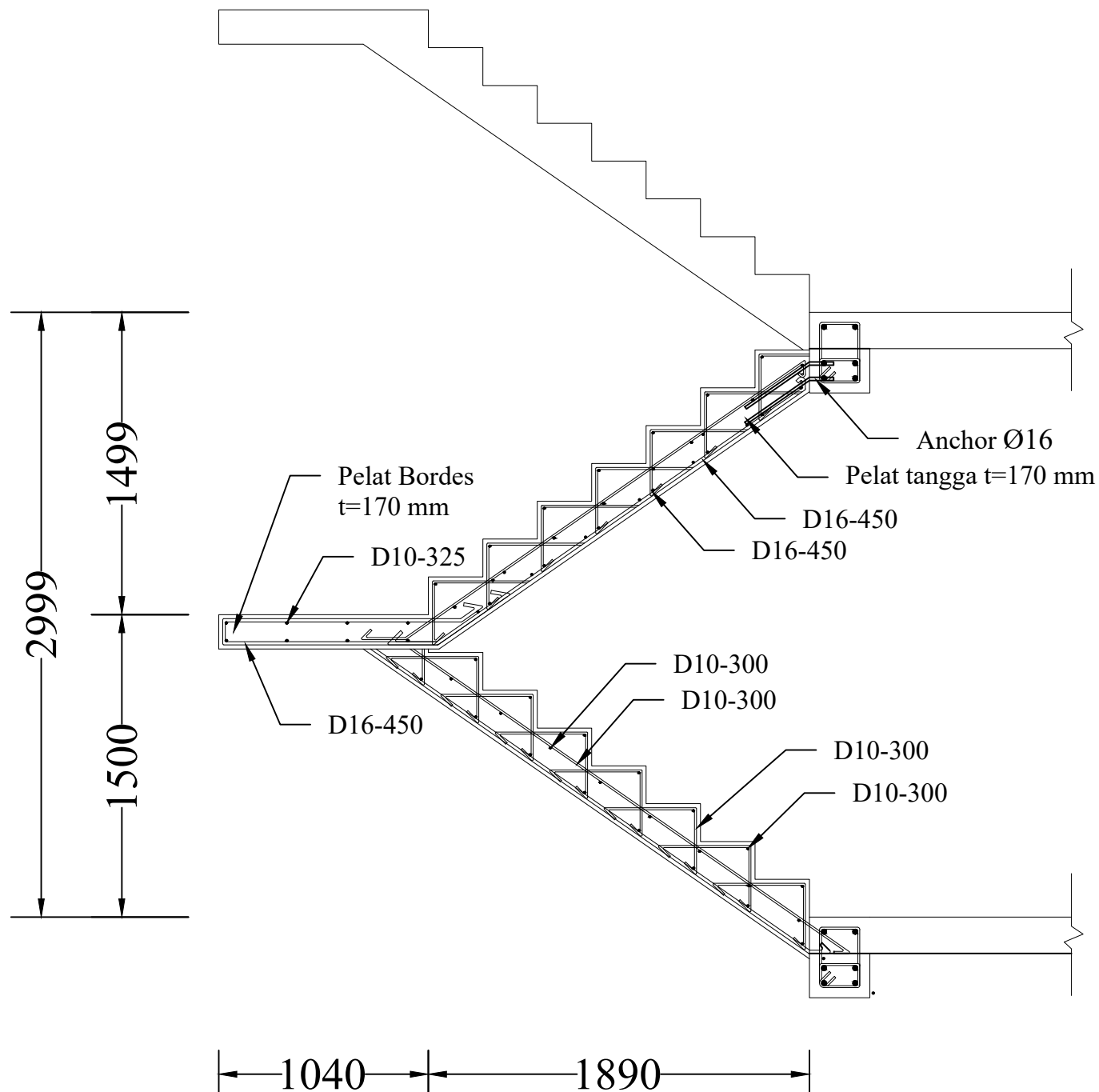
0311154000036

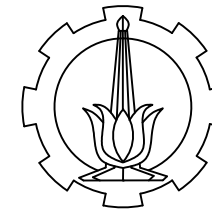
JUDUL GAMBAR

DETAIL TANGGA

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

23/43	1:50	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

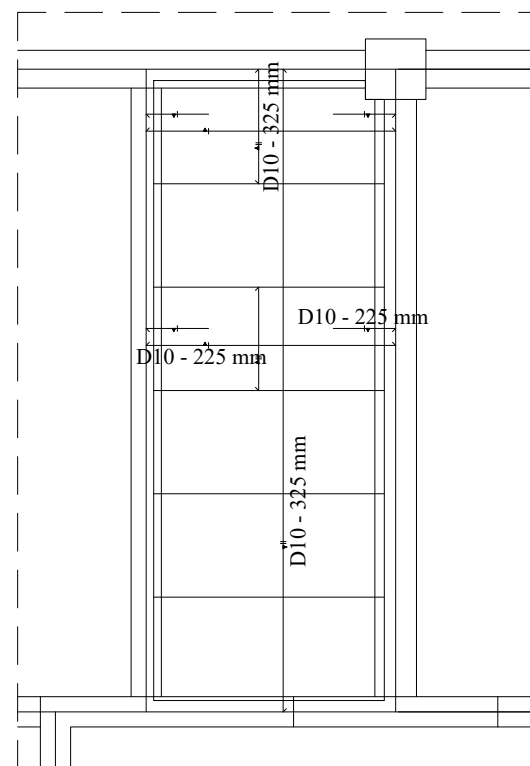
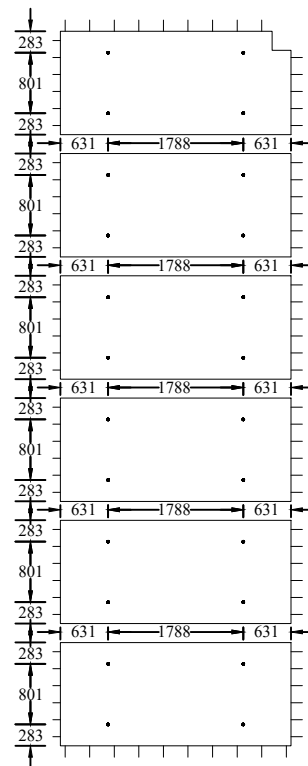
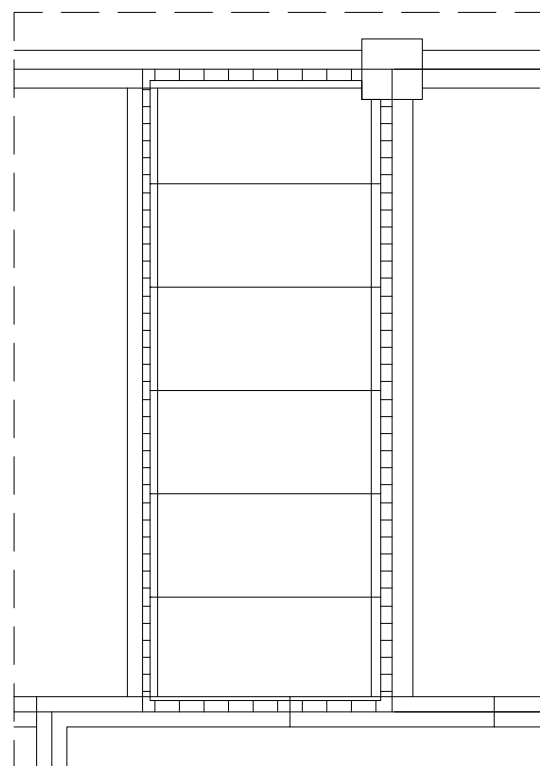
0311154000036

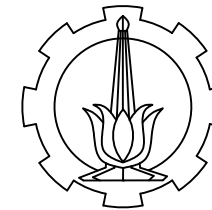
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
 TIPE A

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

24/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

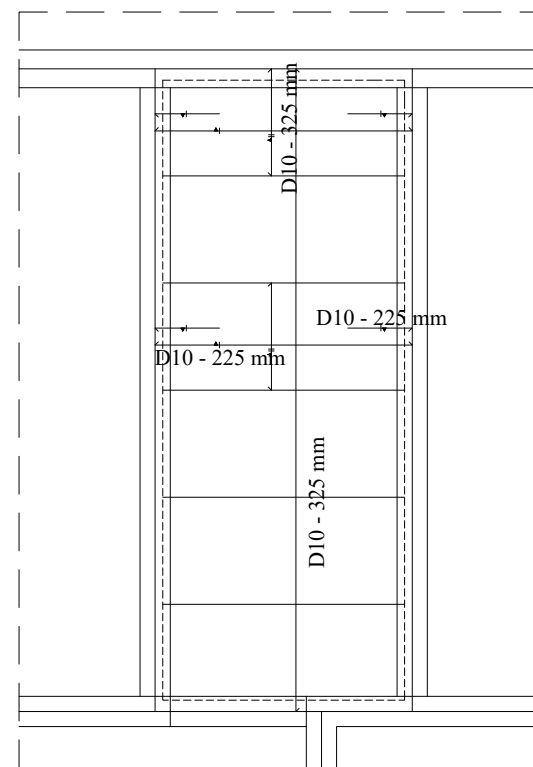
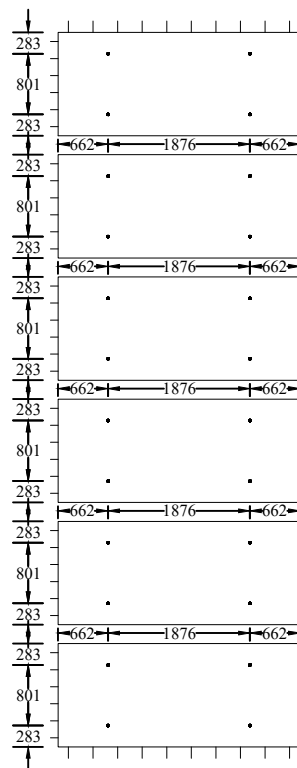
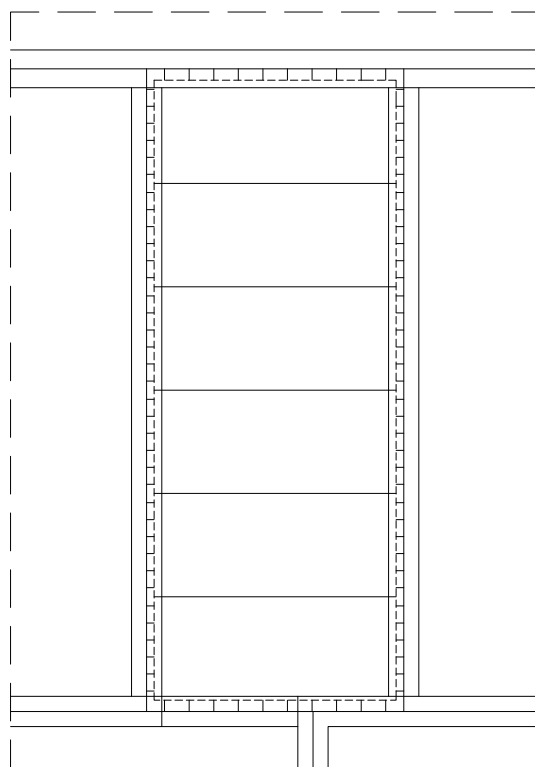
0311154000036

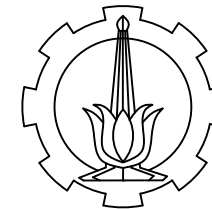
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
 TIPE B

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

25/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

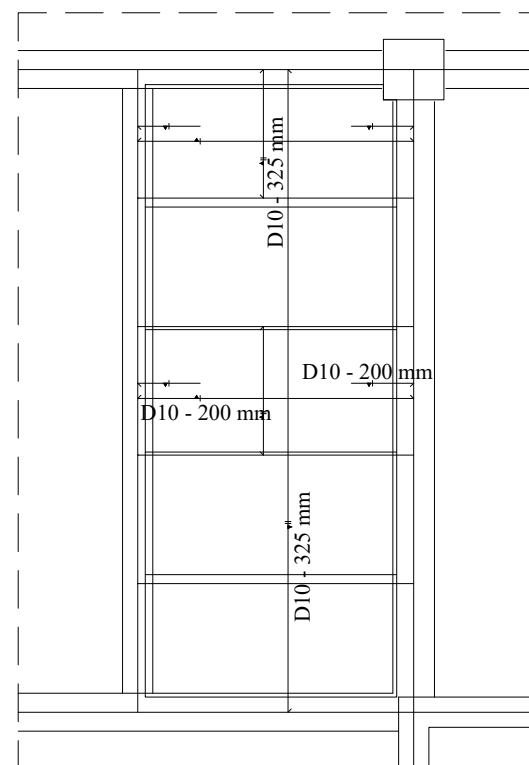
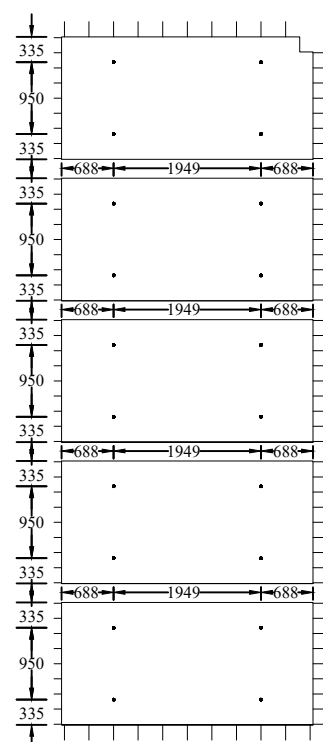
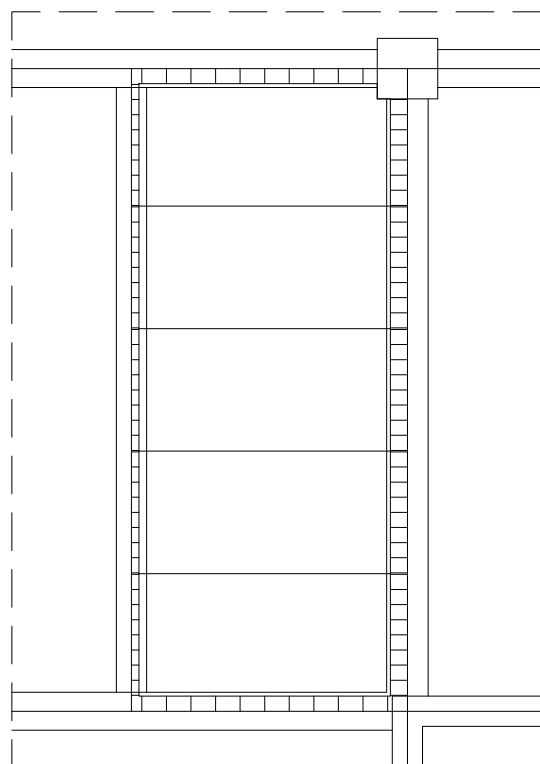
0311154000036

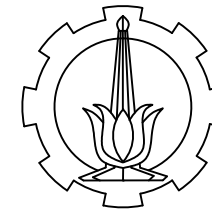
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 PELAT TIPE C

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

26/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

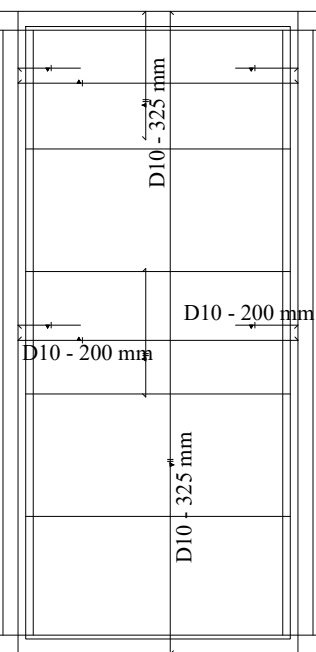
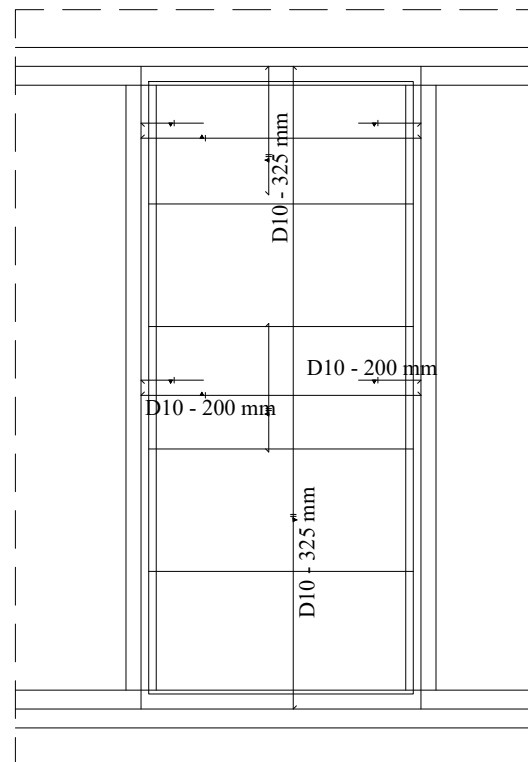
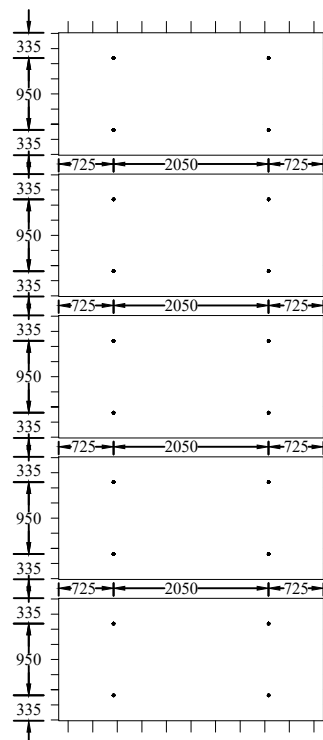
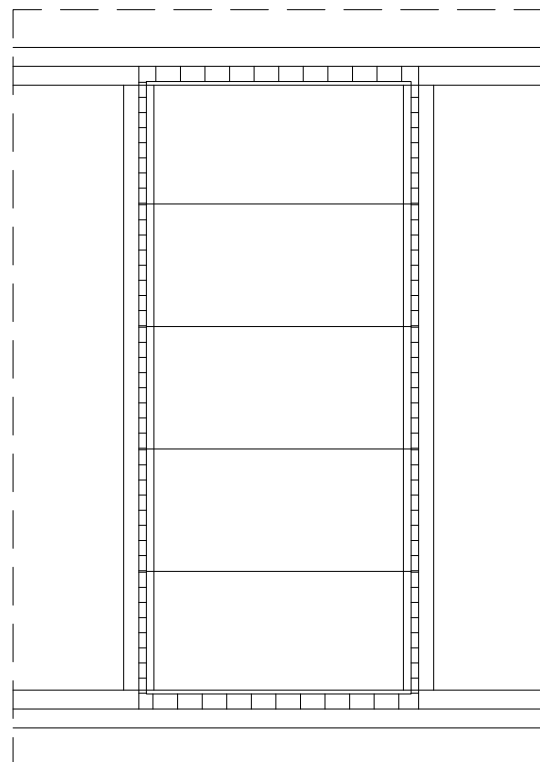
0311154000036

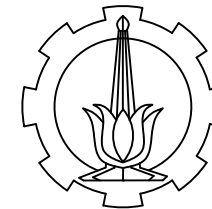
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT TIPE D

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

27/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

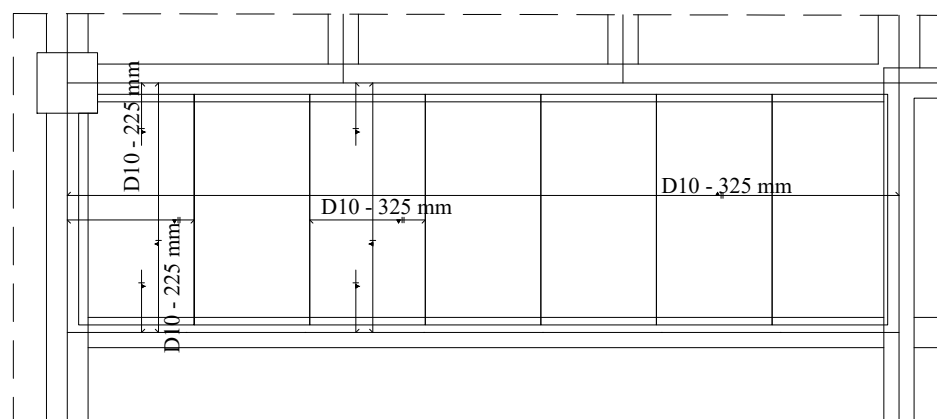
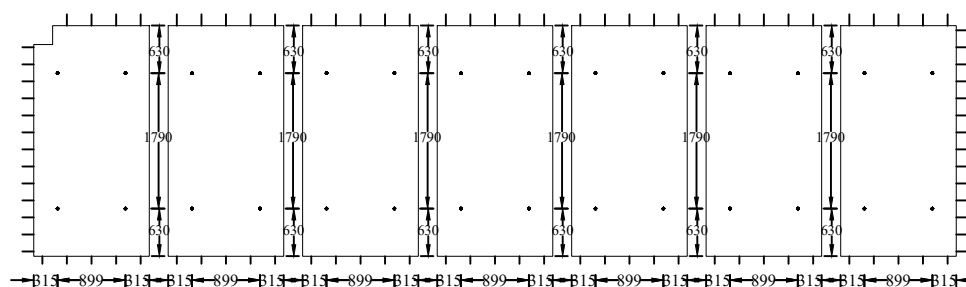
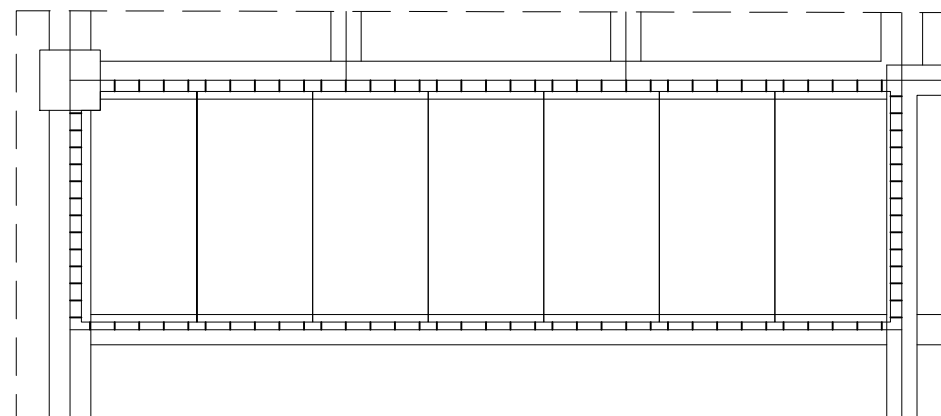
0311154000036

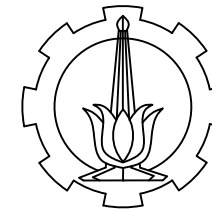
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 PELAT TIPE E

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

28/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

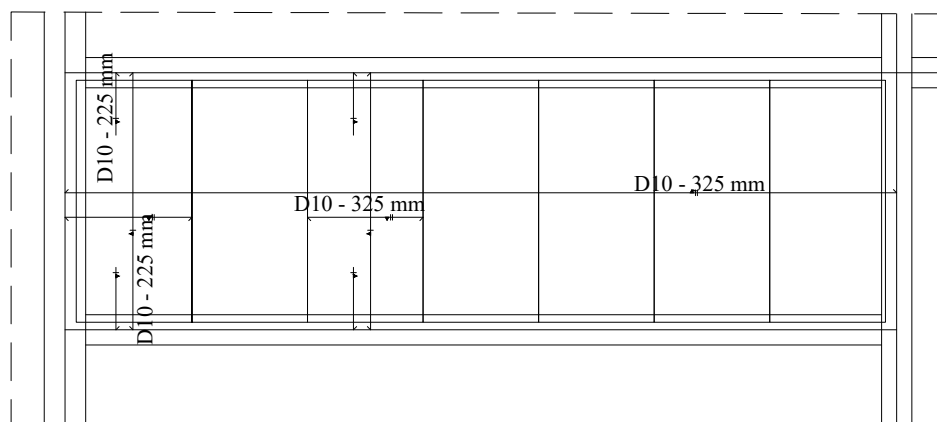
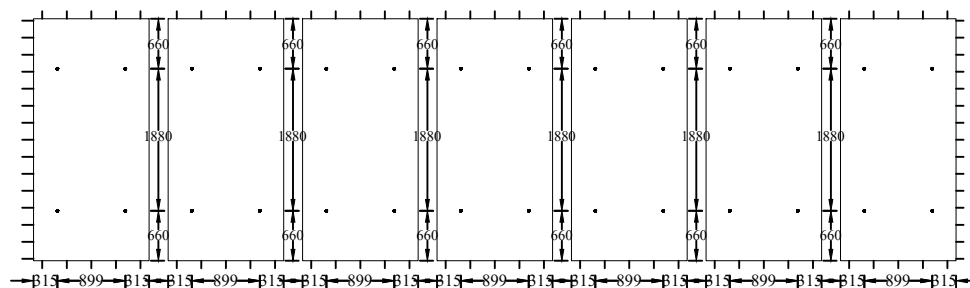
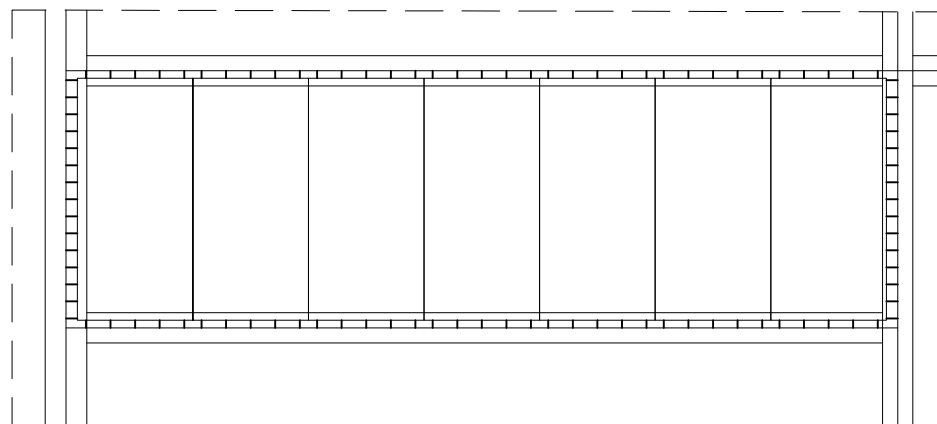
0311154000036

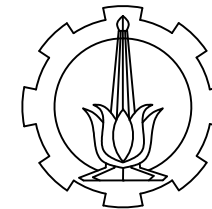
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 PELAT TIPE F

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

29/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

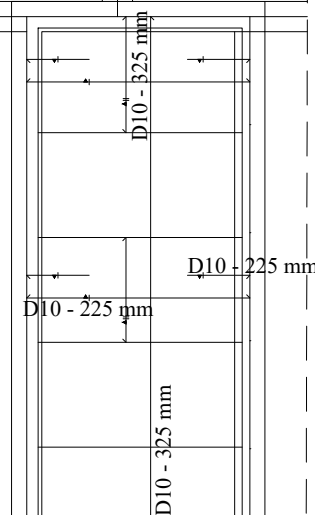
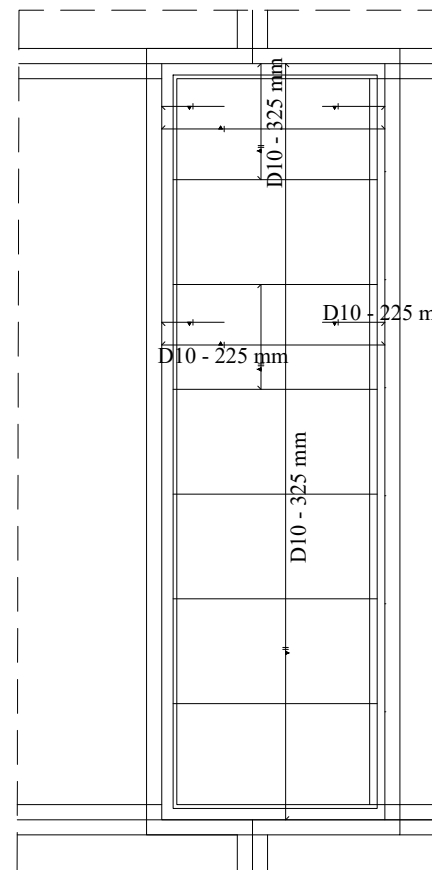
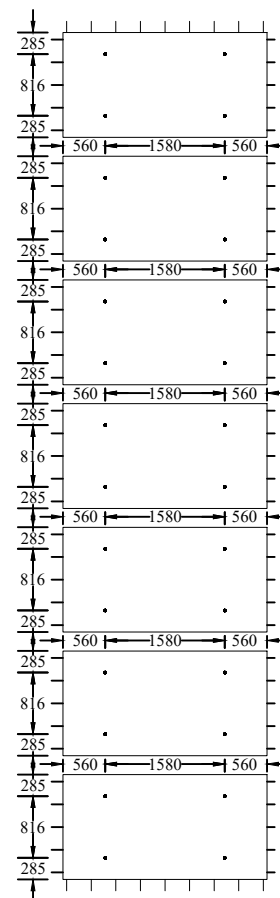
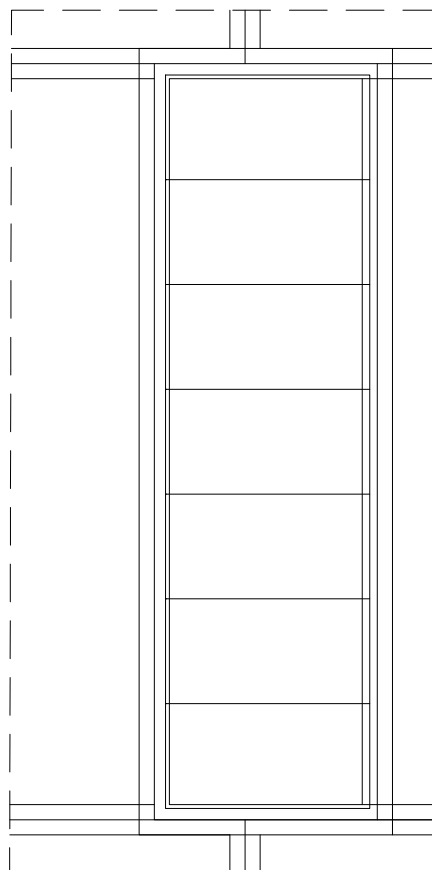
0311154000036

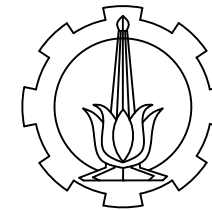
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 PELAT TIPE G

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

30/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

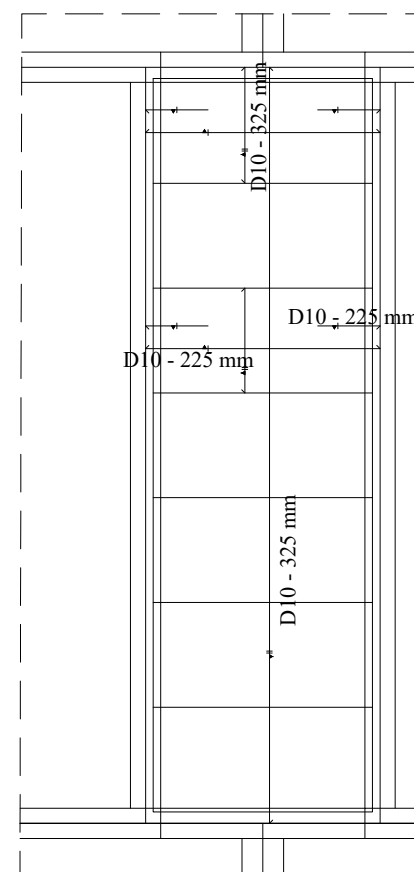
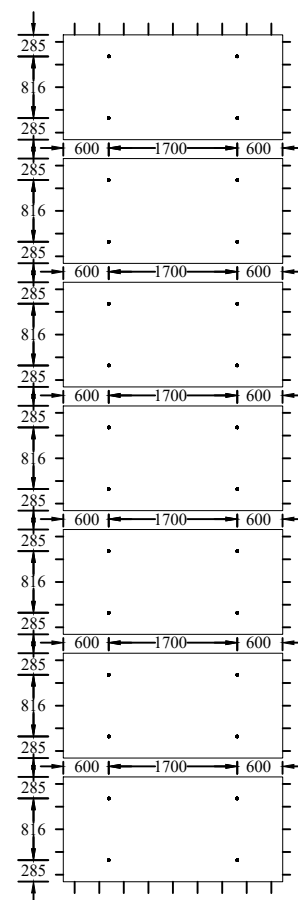
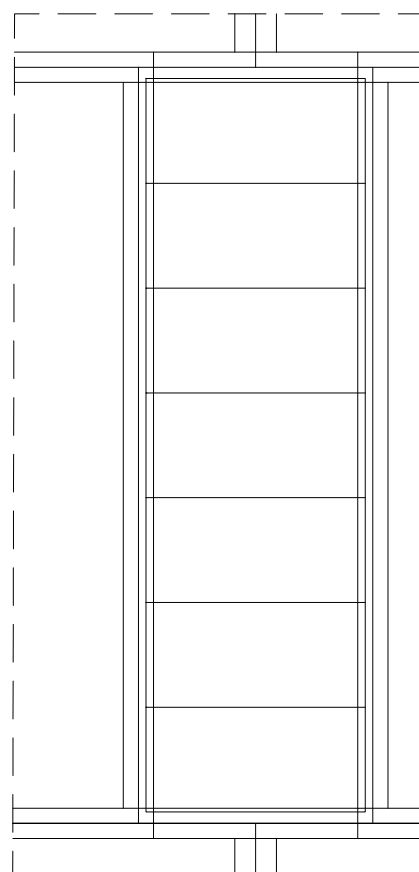
0311154000036

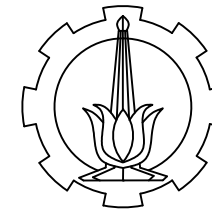
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 PELAT TIPE H

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

31/43	1:100	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

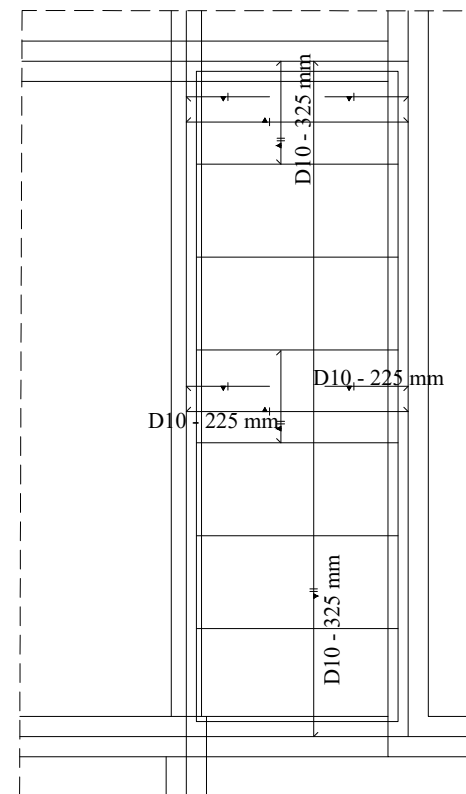
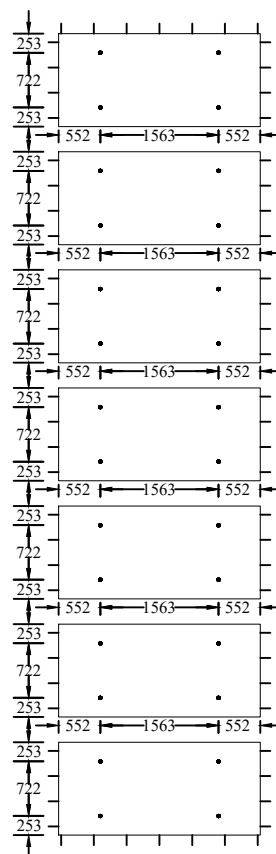
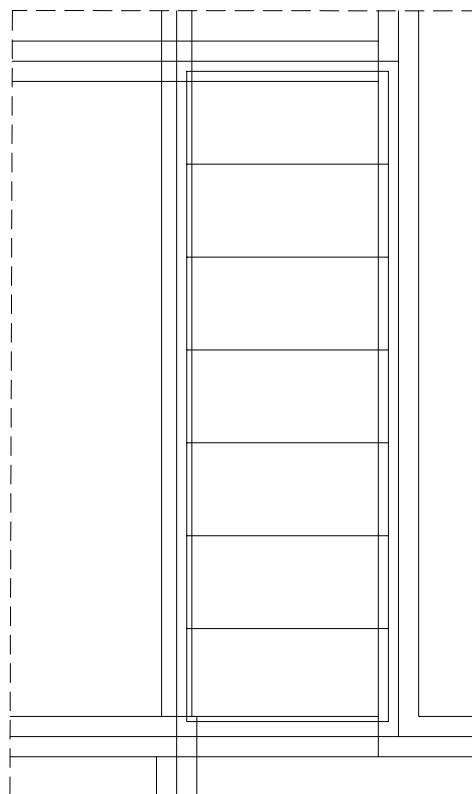
0311154000036

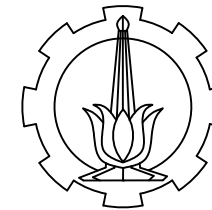
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 PELAT TIPE I

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

32/43	1:75	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

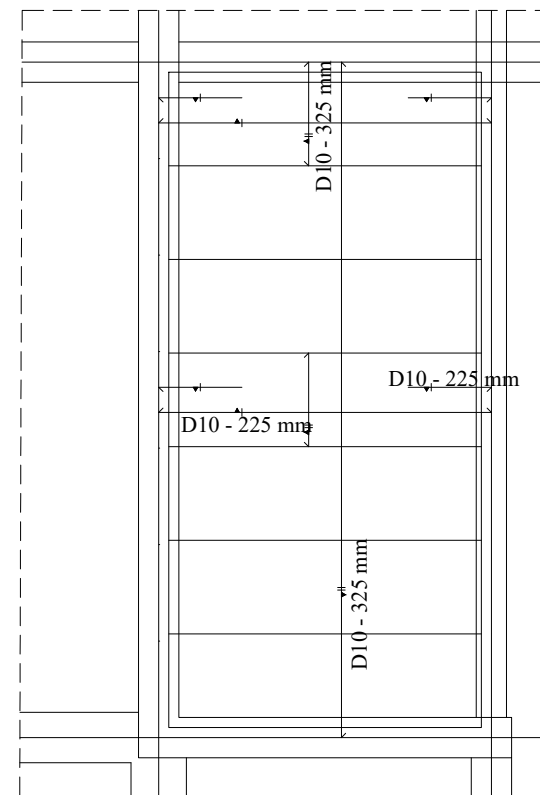
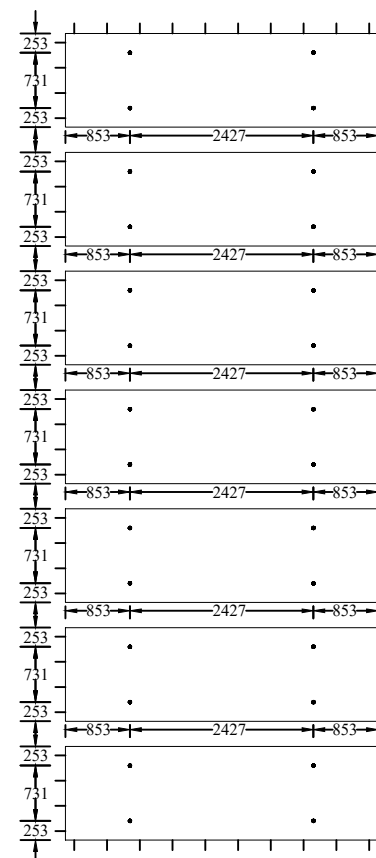
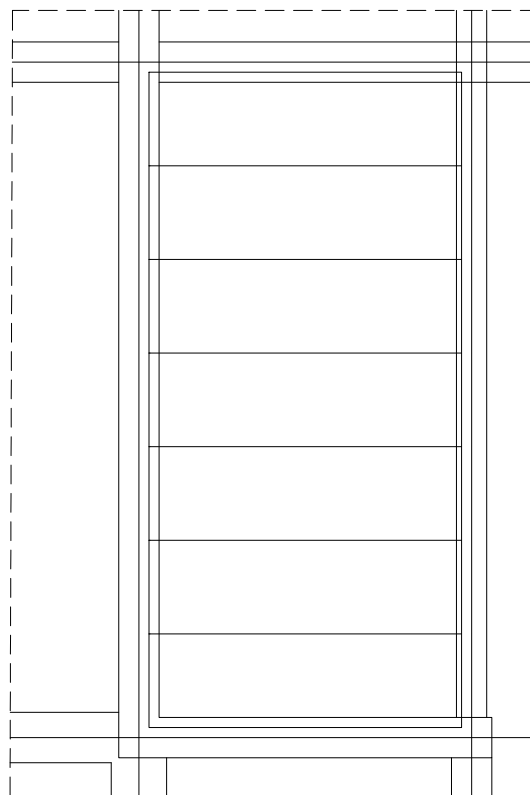
0311154000036

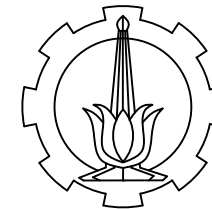
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT TIPE J

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

33/43	1:75	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

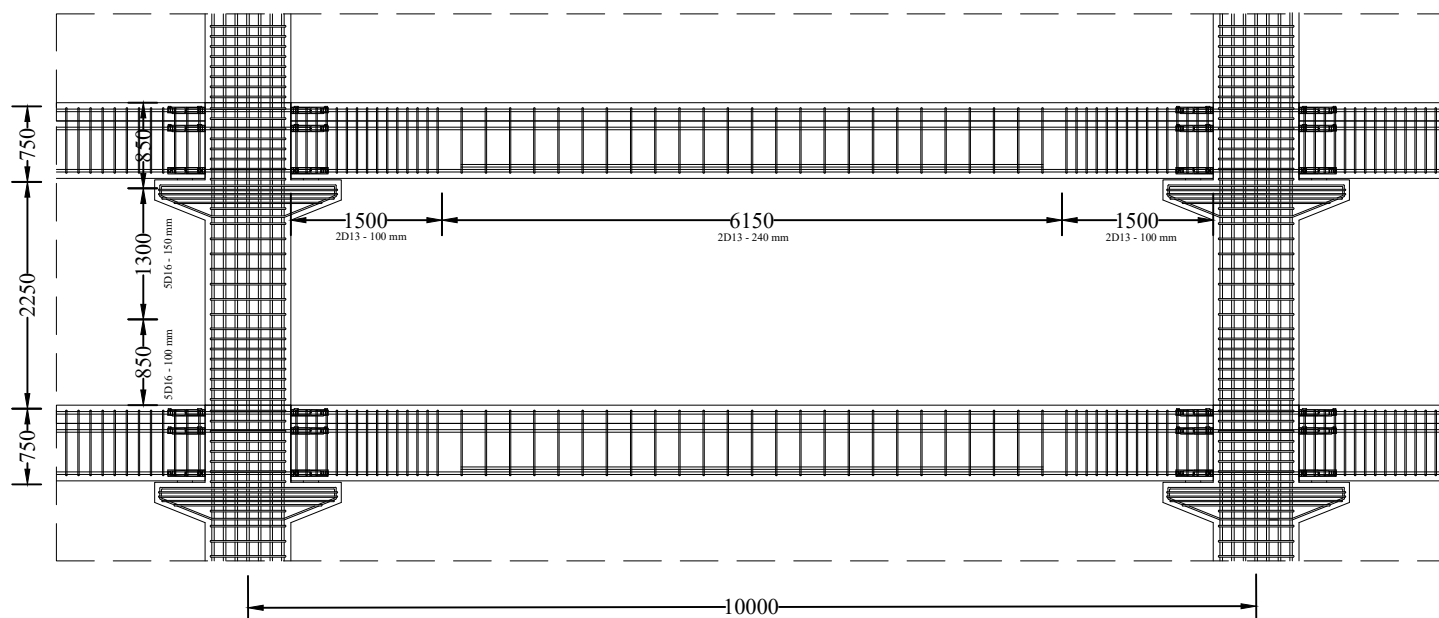
SAHRUL GUNAWAN

NRP

0311154000036

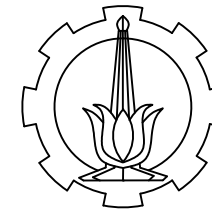
JUDUL GAMBAR

DETAIL PORTAL



NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

34/43	1:75	STR
-------	------	-----



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

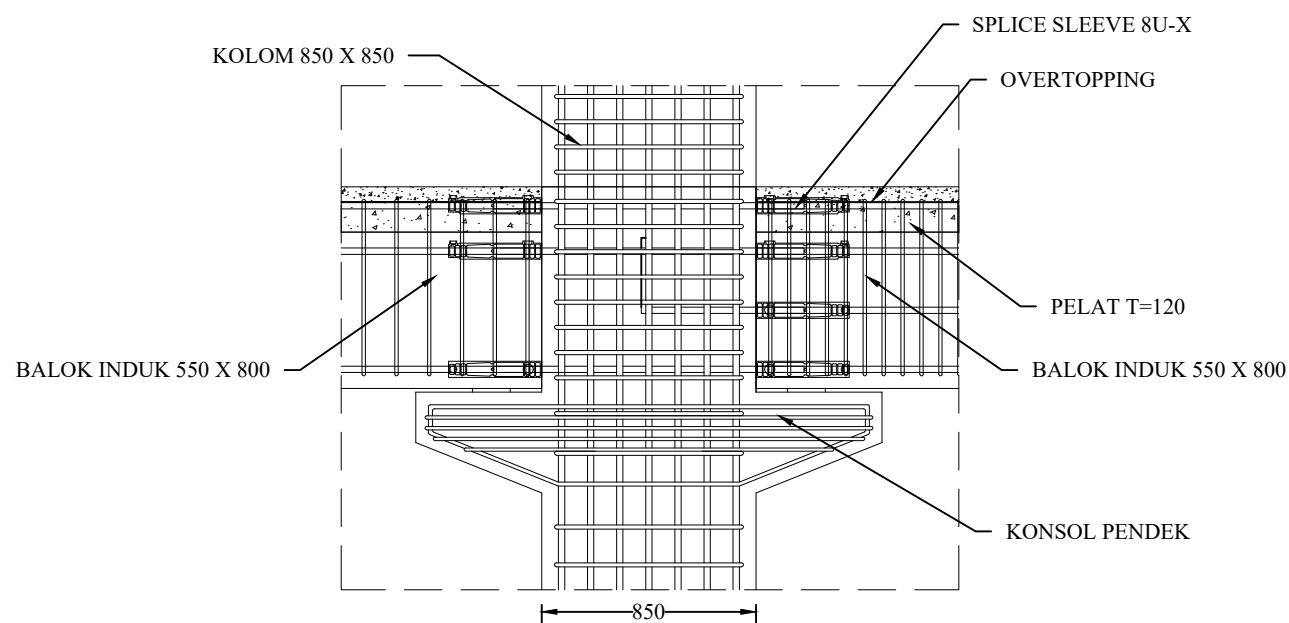
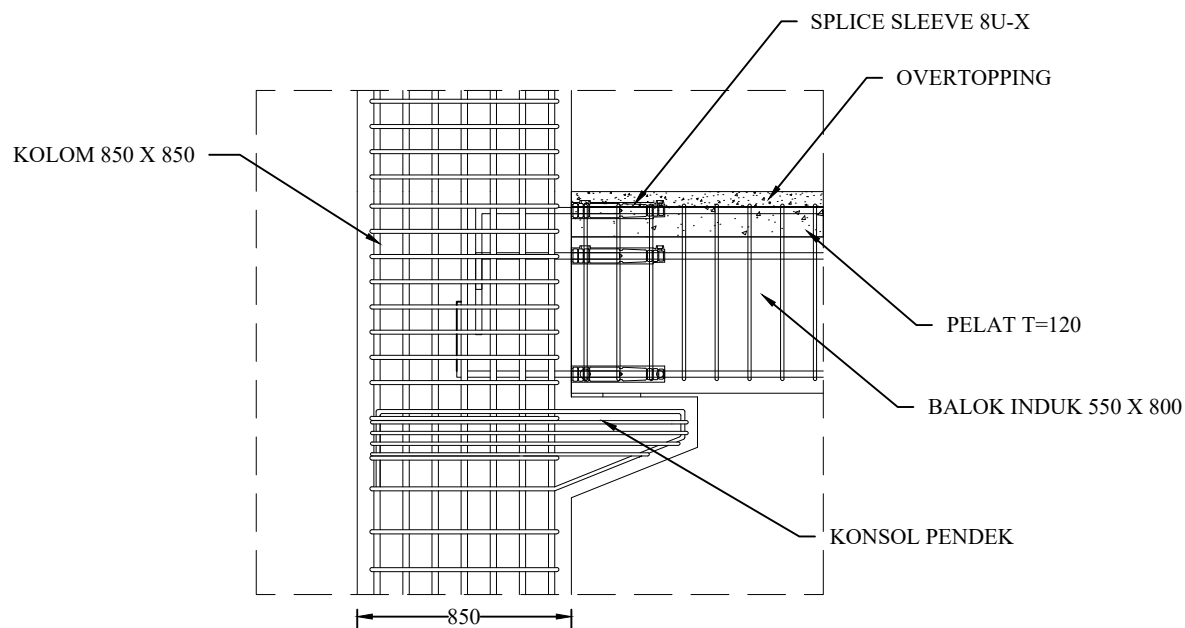
0311154000036

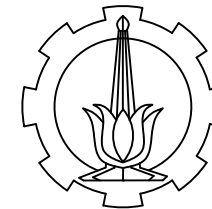
JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
 KOLOM-BALOK INDUK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

35/43	1:30	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

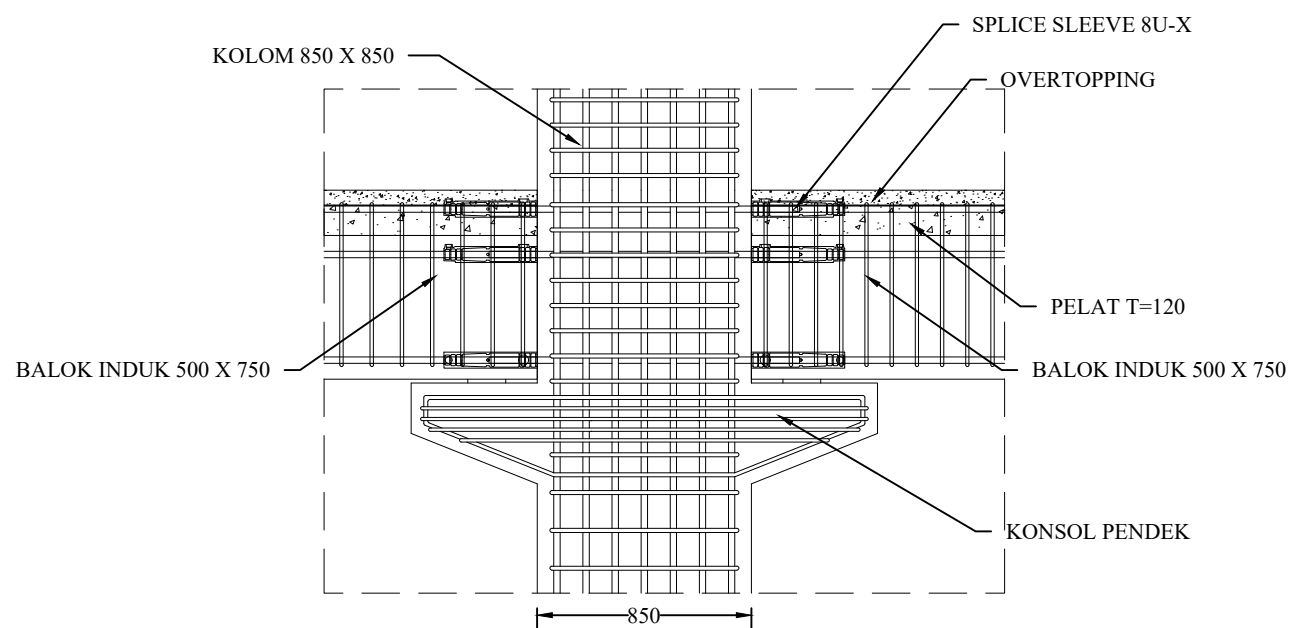
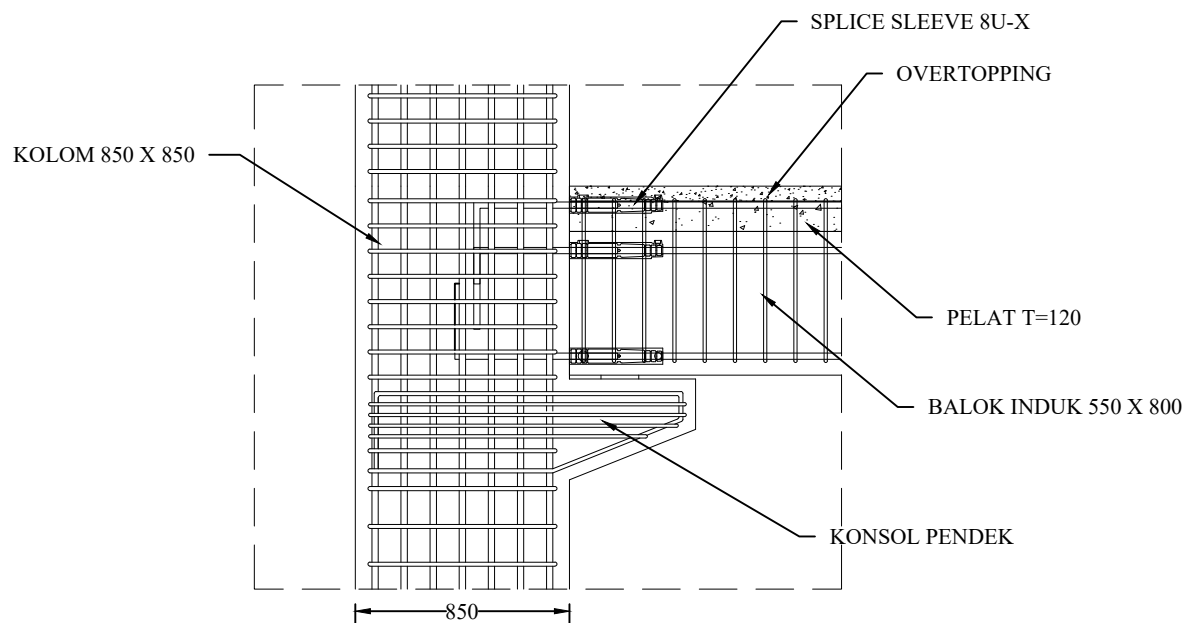
0311154000036

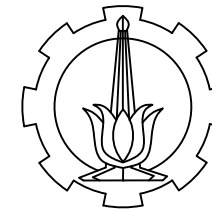
JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
 KOLOM-BALOK INDUK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

36/43	1:30	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

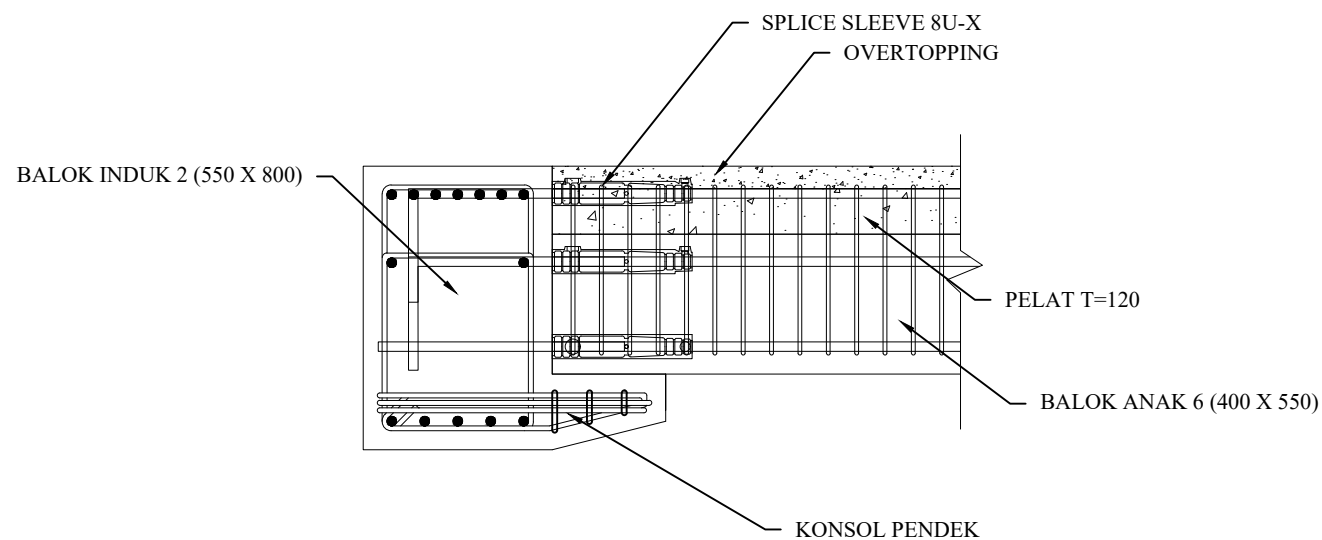
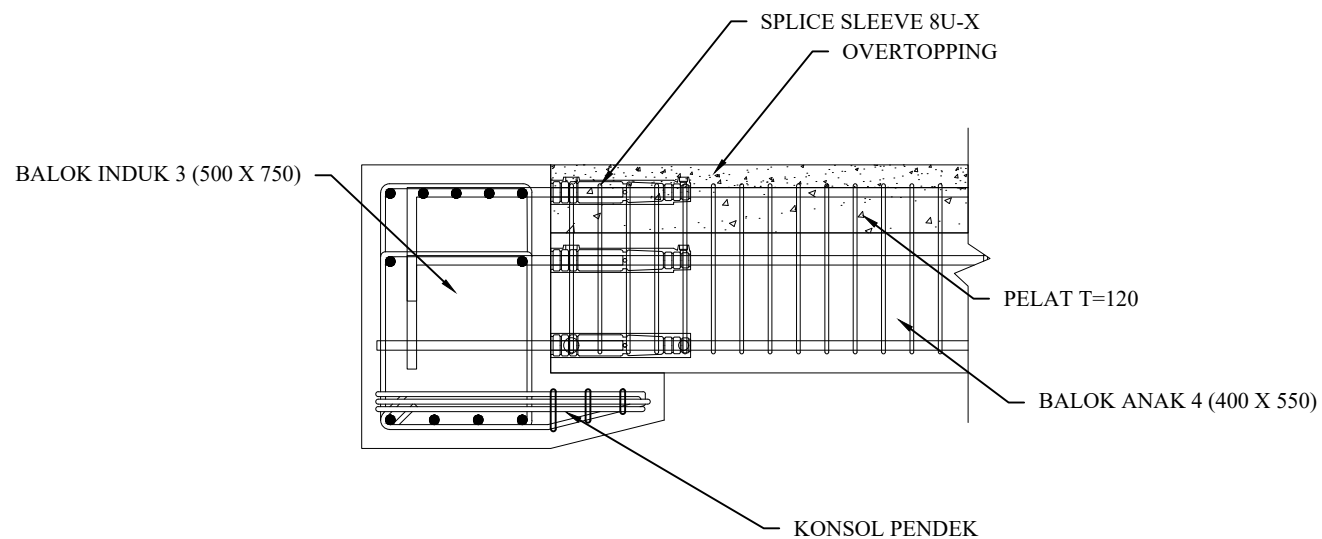
0311154000036

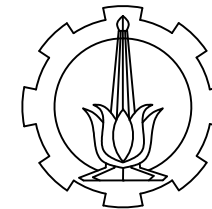
JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK
 INDUK-BALOK ANAK

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

37/43	1:20	STR
-------	------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

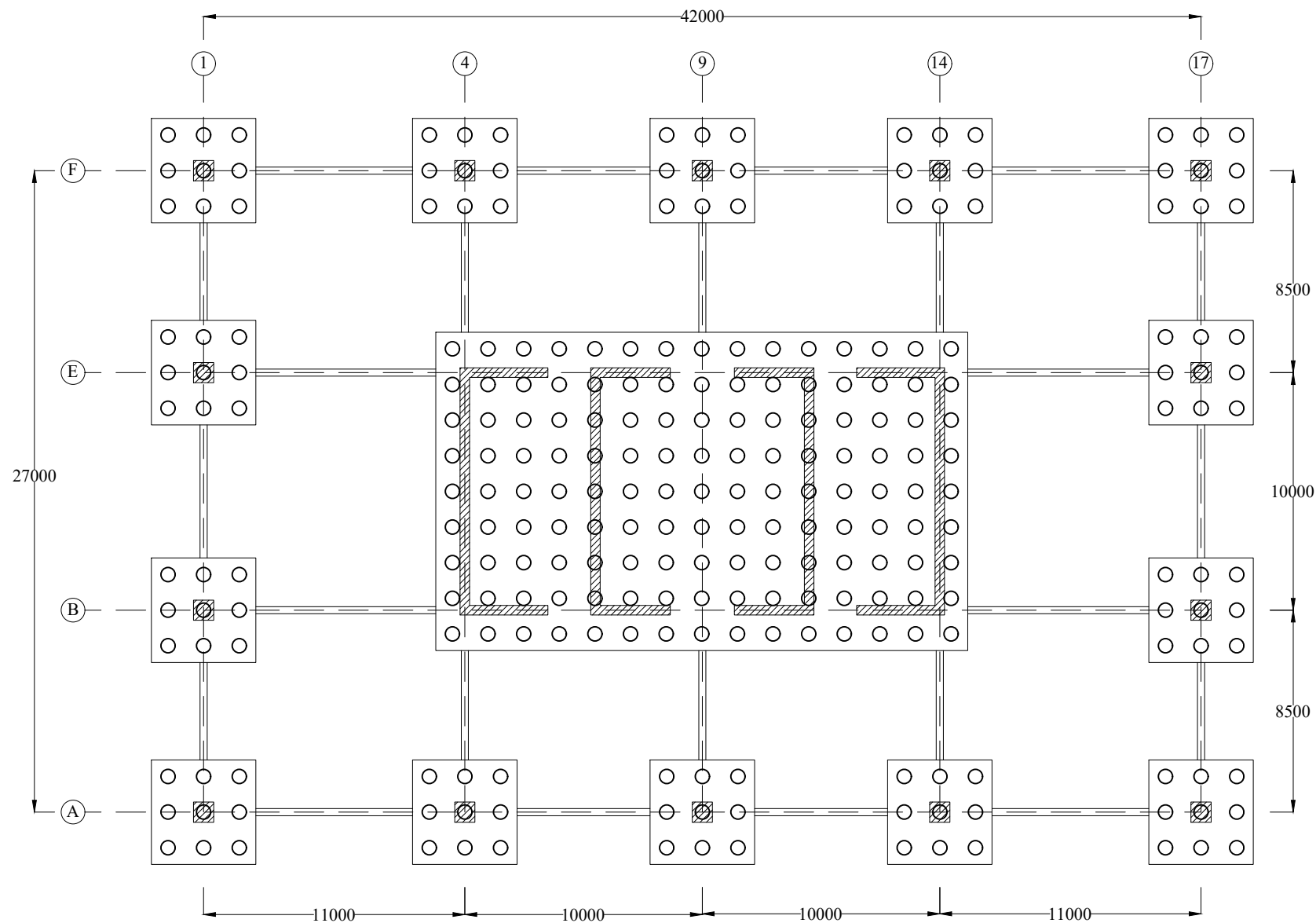
0311154000036

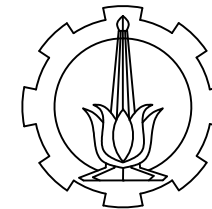
JUDUL GAMBAR

DENAH PONDASI

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

38/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

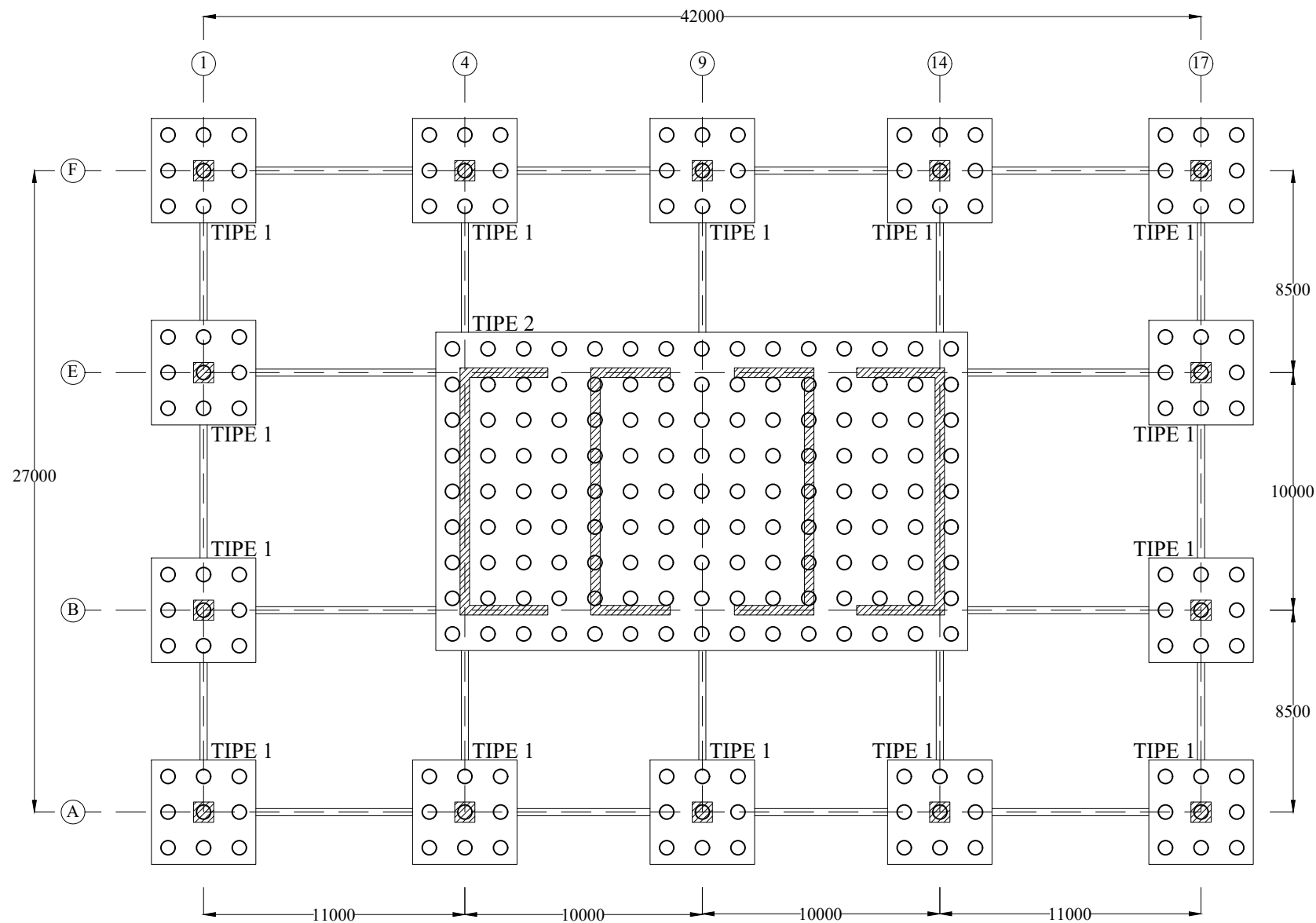
0311154000036

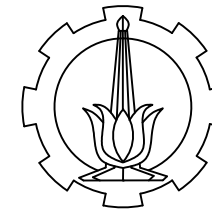
JUDUL GAMBAR

DENAH POER

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

39/43	1:250	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

03111540000036

JUDUL GAMBAR

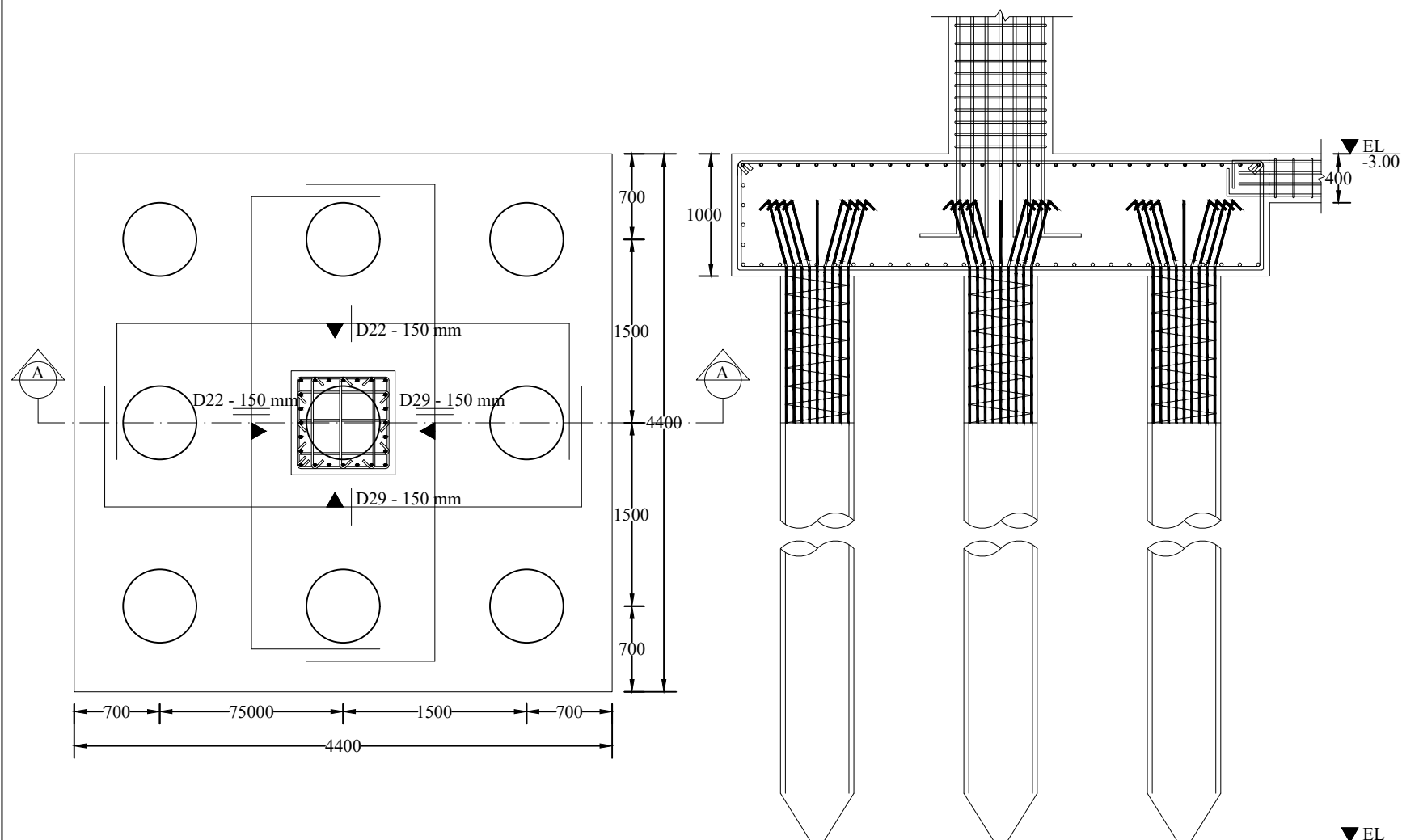
DETAIL PENULANGAN POER
TIPE 1

NO. GAMBAR SKALA KODE GAMBAR

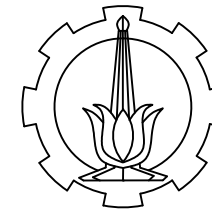
40/43

1:50

STR



EL
-27.00



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

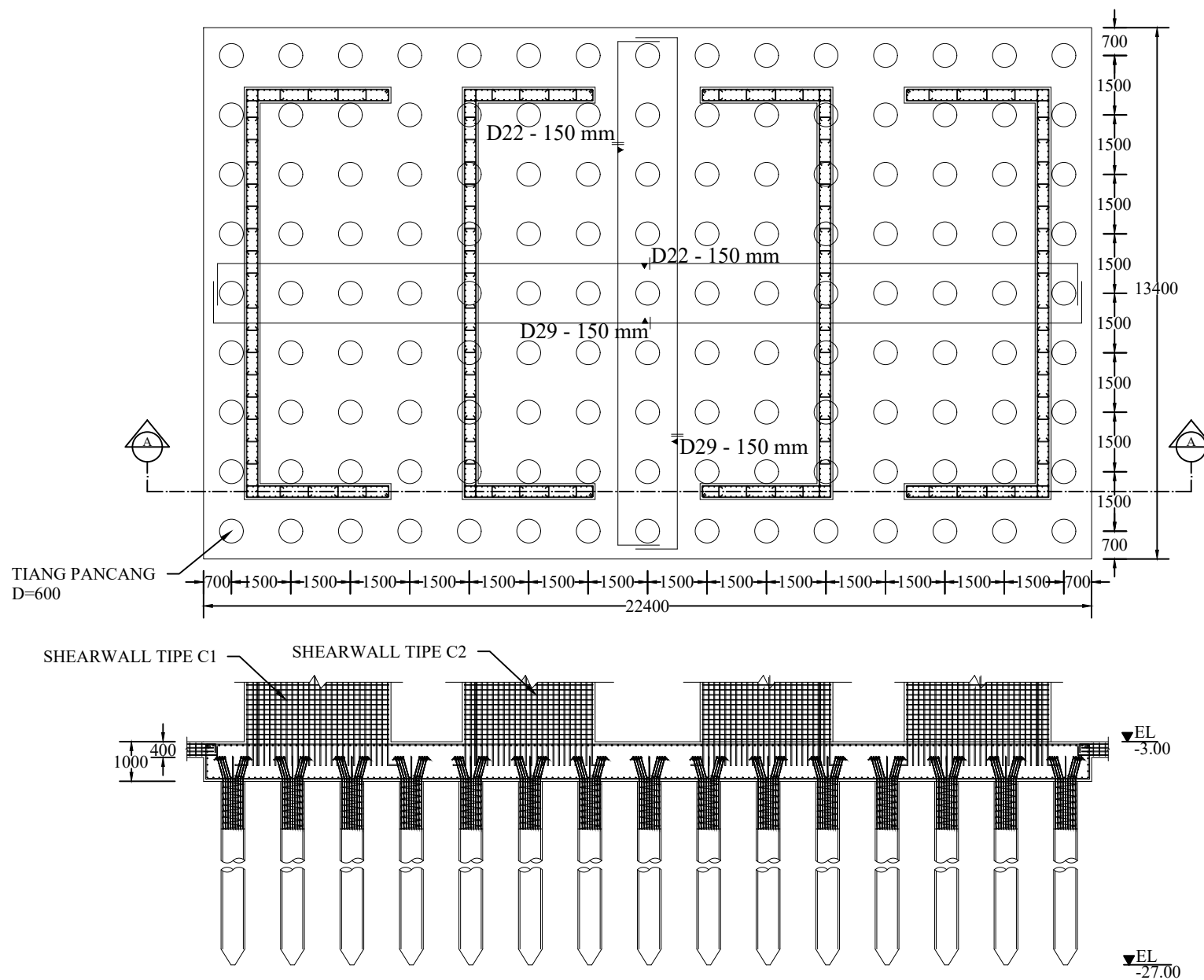
0311154000036

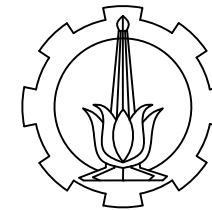
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN POER
 TIPE 2

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

41/43	1:150	STR
-------	-------	-----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

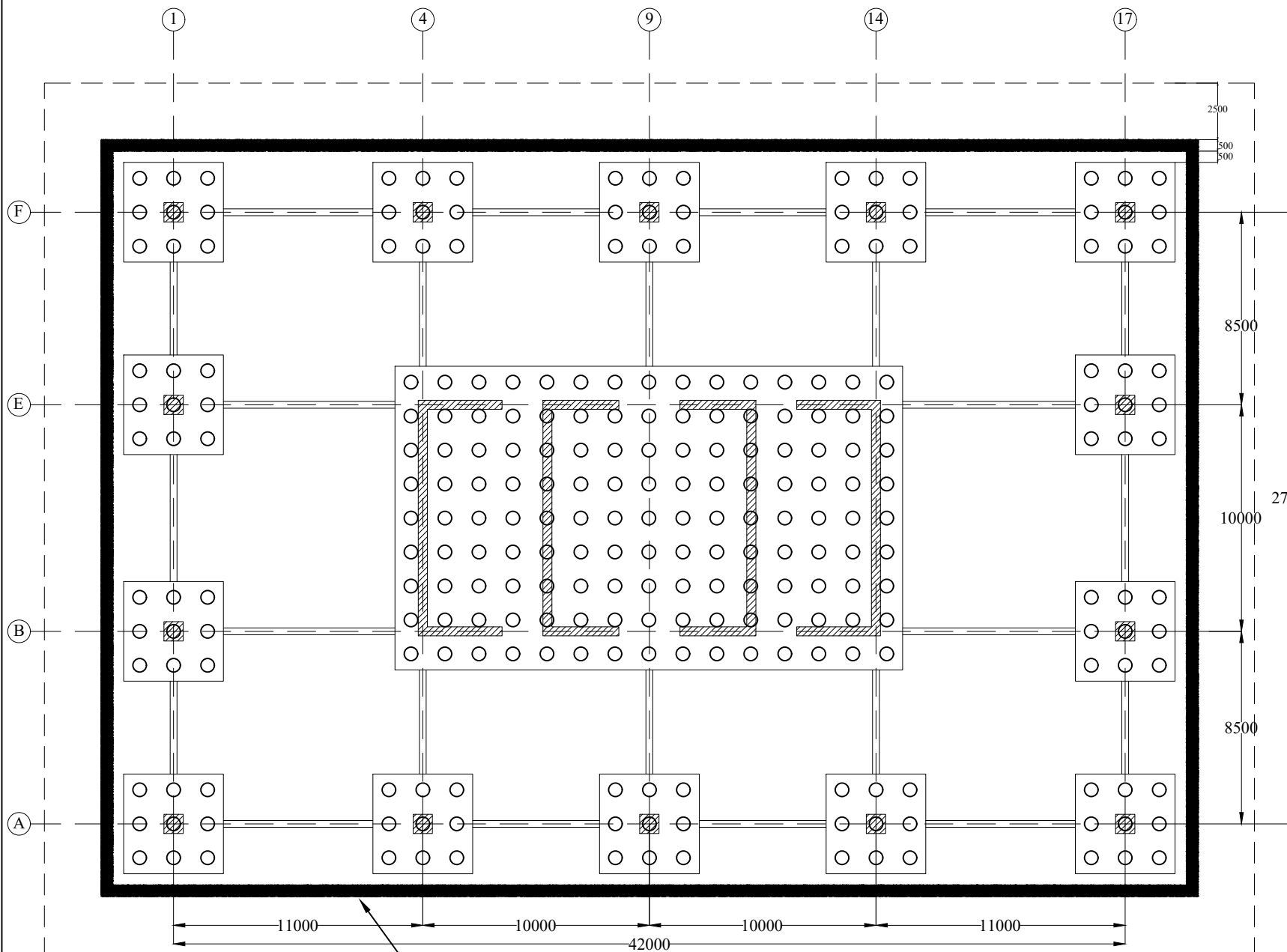
0311154000036

JUDUL GAMBAR

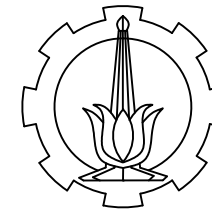
DENAH DINDING PENAHAN
 TANAH

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

42/43	1:250	STR
-------	-------	-----



DINDING PENAHAN TANAH
 T = 500 mm



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING I

PROF. TAVIO, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SAHRUL GUNAWAN

NRP

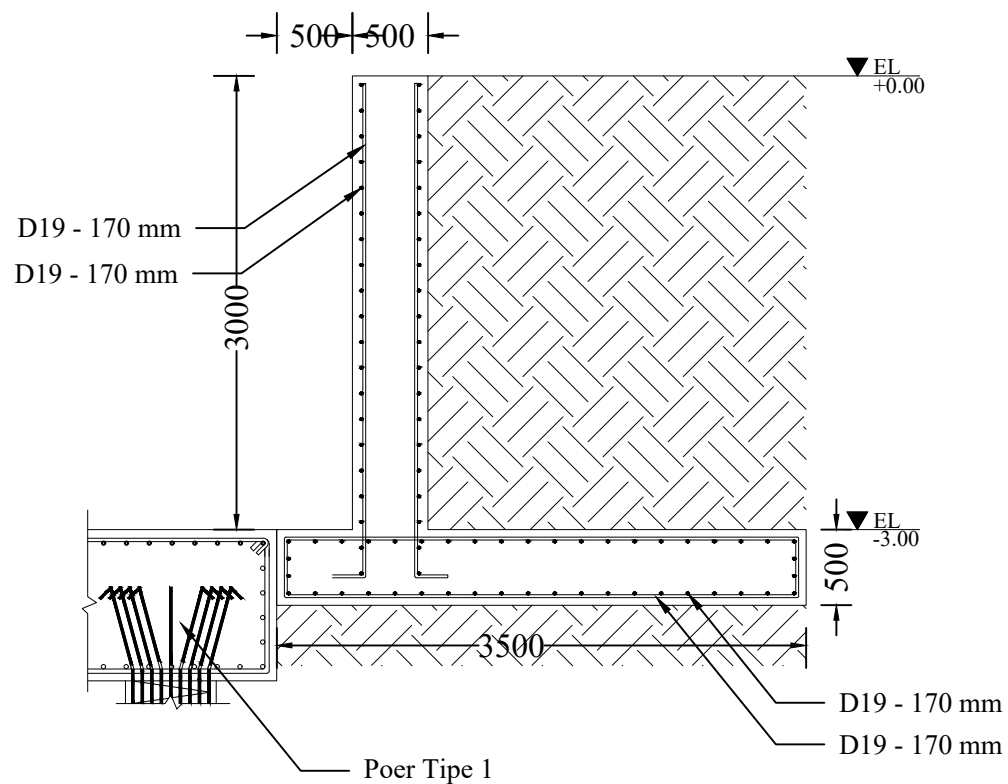
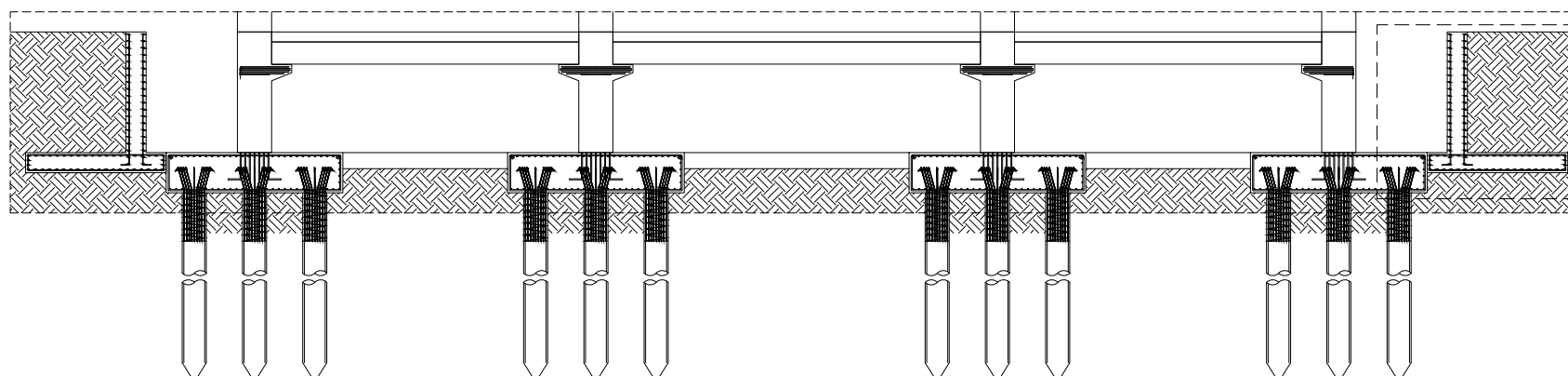
0311154000036

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN DPT
 BASEMENT

NO. GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
------------	-------	-------------

43/43	1:50	STR
-------	------	-----



DETAIL PENULANGAN DPT BASEMENT
 SKALA 1:50



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Tawio, ST. MT. Ph.D Harun AL Rasjid, ST. MT. Ph.D
NAMA MAHASISWA	: SAHRUL GUNAWAN
NRP	: 0311154000036
JUDUL TUGAS AKHIR	: DESAIN MODIFIKASI BUDUNG SOCIAL SECURITY (SS) TOWER DENGAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 15181

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	10/4/2019	Konsep sambungan balok-balok precast	Analisa struktur dan Perhitungan sambungan.	HL
2	11/4/2019	Permodelan gedung menggunakan ETABS dan fiksasi layout dinding untuk pembebanan.	Dilanjutkan permodelan	
3	12/4/2019	Permodelan masih belum, kontrol drift		
4	18/4/2019			
5	13/5/2019	Kontrol dual system dengan Dinding geser yang diubah		
6	23/5/2019	Asistensi bertetapan tangga		
7	24/5/2019	Asistensi terkait Kolom (spColumn) Dan membahas balok kopel		



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukulilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Harun Al-Rasyid, ST. MT. Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Sahwi Gunawan
NRP	: 03111540000036
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain modifikasi gedung social security (ss) Tower dengan menggunakan Metode beton pracetak
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 15181

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	10/1/2019	Konsep Sambungan Balok - Kolom	Analisa Struktur dan Perhitungan Sambungan	HR
	9/4/2019	Konsep sambungan Kolom - Balok (metode pelaksanaan dan gambaran sambungan)		HR
	24/5/2019	Asistensi Tangga Asistensi Kolom (SP column)		HR

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Sahrul Gunawan dilahirkan di Lamongan, Jawa Timur pada tanggal 19 Mei 1997. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di MIM 04 Blimbing, SMP N 1 Babat, dan SMA N 1 Bojonegoro. 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)

3115100036. Gelar sarjana teknik diperoleh penulis pada tahun 2019 dengan judul Tugas Akhir “Desain Modifikasi Struktur Gedung Social Security (SS) Tower dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak”. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan dan juga aktif dalam organisasi mahasiswa yang ada di jurusan Teknik Sipil ITS. Dan juga pernah mengikuti beberapa perlombaan bidang ketekniksipilan baik nasional maupun internasional.

Email : sahrul11gunawan@gmail.com