



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN THE  
CONEXIO LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK**

FABIAN ADIYASA PADMADIWIRJA  
NRP. 0311154000001

Dosen Pembimbing I  
Harun Al Rasyid, S.T, M.T., Ph.D

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

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN THE  
CONEXIO LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK**

Fabian Adiyasa Padmadiwirja  
NRP. 0311154000001

Dosen Pembimbing I  
Harun Alrasyid, S.T, M.T., Ph.D.

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

*Halaman ini sengaja dikosongkan*





FINAL PROJECT (RC18-4803)

**STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF THE  
CONEXIO LRT SUPERBLOCK APARTMENT  
TOWER WITH PRECAST CONCRETE METHOD**

Fabian Adiyasa Padmadiwirja  
NRP. 0311154000001

Academic Supervisor I  
Harun Alrasyid, S.T, M.T., Ph.D.

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN THE  
CONEXIO LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh:

**FABIAN ADIYASA PADMADIWIRJA**  
NRP. 0311154060001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Harun Al Rasyid, S.T, M.T., Ph.D.



**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN THE CONEXIO LRT SUPERBLOCK DENGAN MENGUNAKAN METODE PRACETAK**

**Nama Mahasiswa** : Fabian Adiyasa Padmadiwirja  
**NRP** : 0311154000001  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSPK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Harun Alrasyid, S.T, M.T., Ph.D

## **ABSTRAK**

*Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia yang bertambah begitu pesat menyebabkan kebutuhan primer khususnya pada kebutuhan papan di kehidupan masyarakat semakin meningkat. Bangunan gedung di Indonesia biasanya dibangun dengan metode konvensional dimana semua bahan konstruksi yang diperlukan dicetak ditempat proyek. Dengan kebutuhan masyarakat yang meningkat akan kebutuhan papan, tuntutan terhadap konstruksi yang cepat dan efisien sering kali terjadi terlebih pada kasus bangunan bertingkat.*

*Sistem pracetak adalah suatu proses produksi suatu elemen struktur bangunan yang dicetak di pabrikasi dimana tempat elemen struktur tersebut akan digunakan satu kesatuan dalam sebuah bangunan di tempat berbeda. Sistem ini memiliki keunggulan berupa mutu yang dapat dipantau, lebih presisi, serta pengerjaannya tidak terpengaruh cuaca karena dipabrikasi dalam pabrik. Tak hanya itu, bentuk struktur gedung yang tipikal juga menjadi keunggulan untuk penggunaan sistem pracetak ini*

*Dengan lokasi Apartemen The Conexio LRT Superblock dengan ketinggian 27 lantai dan 2 basement yang terletak di Cikunir, Bekasi yang sangat ramai menuntut proyek semakin cepat selesai agar tidak mengganggu kegiatan ekonomi di sekitarnya. Sehingga pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi*

*perencanaan struktur pada kolom, balok, plat, dan dengan metode pracetak.*

*Agar dapat ditransportasikan, maka perlu diperhatikan kebutuhan tulangan saat pengangkatan. Dan juga agar elemen pracetak dapat terintegrasi dengan baik, maka sambungan haruslah dibuat semonolit mungkin dengan menggunakan sambungan basah antar elemen struktur. Sambungan yang tahan terhadap gempa dapat menggunakan sambungan basah pada balok dan kolom pracetak sedangkan untuk sambungan kolom – kolom dapat digunakan grouted sleeves pada bangunan yang berada di zona gempa.*

*Dari hasil analisa yang dilakukan, diharapkan nantinya didapatkan kesimpulan dan keefektifan secara kekuatan yang ditinjau dari perilaku struktur. Sehingga dapat digunakan sebagai perencanaan.*

***Kata Kunci : Modifikasi Perencanaan Struktur, Sistem Pracetak, Integrasi Elemen Pracetak.***

# **STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF THE CONEXIO LRT SUPERBLOCK APARTMENT TOWER WITH PRECAST CONCRETE METHOD**

**Student Name** : Fabian Adiyasa Padmadiwirja  
**Nrp** : 311154000001  
**Departement** : Teknik Sipil FTSPK - ITS  
**Academic Supervisor** : Harun Alrasyid, S.T, M.T., Ph.D

## **ABSTRACT**

*The increasing number of people in Indonesia which is increasing causes the primary needs of the community needs to increase. Building buildings in Indonesia are usually built with conventional methods where all construction materials are needed at the project site. With the increasing public demand for boards, replacing fast and efficient construction often occurs in the case of multi-storey buildings.*

*Precast system is a process of producing a building element that is issued in manufacturing where the structural elements will be used in one building in a different place. This system has advantages that can be monitored, more precise, and better than those manufactured at the factory. Not only that, the structure of the building is also an advantage for the use of this precast system*

*With the location of The Conexio LRT Superblock Apartment with a height of 27 floors and 2 basements located in Cikunir, Bekasi, it is very crowded demanding that the project be completed faster so as not to disturb the economic activities around it. So that in this final project a modification of structural planning will be carried out on columns, beams, plates and precast methods.*

*In order to be transported, it is necessary to note the need for reinforcement at the time of appointment. And for the precast*

*elements to be well integrated, the connection must be made monolithic as possible by using a wet connection between structural elements. Earthquake-resistant connections can use wet joints on precast beams and columns while grouted sleeves in buildings in earthquake zones can be used for columns.*

*From the results of the analysis carried out, it is expected that later conclusions and strength can be obtained in terms of structural behavior. So that it can be used as a plan.*

***Keywords: Modification of Structural Planning, Precast Systems, Prefabricated Element Integration.***



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu tahap yang wajib ditempuh oleh semua mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Sebelum pengerjaan Tugas Akhir, tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu saya yang selalu mendukung dan mendoakan saya.
2. Bapak Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D dan Dwi Prasetya, S.T, M.T, M.Sc, yang telah membimbing saya dalam pembuatan tugas akhir ini.
3. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2015 yang telah mendukung saya dalam penulisan laporan ini.

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

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

Surabaya, Januari 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

# DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.2.1. Masalah Utama.....	2
1.2.2. Detail Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Beton Pracetak.....	5
2.3. Sistem Struktur Gedung.....	6
2.4. Tinjauan Elemen Pracetak.....	9
2.4.1. Pelat Cetak.....	9
2.4.2. Balok Pracetak.....	10
2.4.3. Kolom Pracetak.....	10
2.5. Sambungan Beton Pracetak.....	11
2.6. Titik-Titik Angkat Dan Songkongan.....	18
BAB III METODOLOGI.....	25
3.1. Studi Literatur dan Data Perencanaan.....	26
3.2. Penentuan Kriteria Design.....	27

3.3	Perencanaan Struktur Sekunder .....	28
3.3.1	Perencanaan Tulangan Tangga .....	28
3.3.2	Perencanaan Tulangan Balok Anak .....	28
3.3.3	Perencanaan Lift .....	28
3.4	Preliminary Desain .....	29
3.4.1	Perencanaan Dimensi Kolom .....	29
3.4.2	Perencanaan Dimensi Balok Induk .....	29
3.4.3	Penentuan Dimensi Pelat .....	30
3.5	Permodelan Struktur .....	31
3.6	Pembebanan Struktur .....	31
3.7	Analisa Struktur .....	33
3.8	Perencanaan Penulangan Struktur .....	33
3.8.1	Perencanaan Tulangan Balok .....	33
3.8.2	Perencanaan Tulangan Kolom .....	36
3.8.3	Perencanaan Tulangan Pelat .....	38
3.8.4	Perencanaan Tulangan Dinding Geser .....	40
3.9	Perencanaan Sambungan .....	41
3.9.1	Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom .....	41
3.9.2	Sambungan Balok Pracetak Dengan Pelat Pracetak 43	
3.9.3	Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak ....	44
3.9.4	Sambungan Kolom dengan Kolom .....	44
3.10	Perencanaan Pondasi .....	48
3.11	Gambar Teknik .....	50
BAB IV PEMBAHASAN .....		51
4.1.	Preliminary Design .....	51
4.1.1.	Umum .....	51
4.1.2.	Data Perencanaan .....	51
4.1.3	Pembebanan .....	52
4.1.4	Perencanaan Balok .....	53

4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat .....	56
4.1.6 Perencanaan Kolom .....	62
4.1.7 Perencanaan Dinding Geser .....	69
4.2 Metode Pelaksanaan .....	69
4.2.1 Sistem Struktur .....	70
4.2.2 Metode Erection.....	71
4.2.3 Pengangkatan dan Peralatan Erection .....	72
4.2.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak .....	75
4.2.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak .....	76
4.3 Pembebanan dan Analisa Struktur .....	79
4.3.1 Umum.....	79
4.3.2 Permodelan Struktur .....	79
4.3.3 Pembebanan Gravitasi .....	80
4.3.4 Pembebanan Gempa Dinamis .....	82
4.4 Perencanaan Struktur Sekunder .....	96
4.4.1 Umum.....	96
4.4.2 Perencanaan Tangga .....	96
4.4.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap .....	113
4.4 Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	135
4.4.5 Perhitungan Gaya Uplift untuk Pelat Basement .....	164
4.4.6 Perencanaan Lift dan Balok Penumpu Lift .....	164
4.5 Perencanaan Struktur Primer .....	167
4.5.1 Umum.....	167
4.5.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak .....	168
4.5.3 Perencanaan Kolom Pracetak.....	201
4.5.4 Perencanaan Dinding Geser ( <i>ShearWall</i> ).....	213
4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak.....	219
4.6.1 Umum.....	219
4.6.2 Konsep Desain Sambungan .....	220
4.6.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak .....	221
4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok-Kolom.....	224

4.6.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk .....	226
4.6.6 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok .....	231
4.6.7 Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak .....	232
4.6.8 Perencanaan Sambungan Balok Induk-Shearwall ...	234
4.6.9 Perencanaan Konsol Tangga Dengan Balok .....	236
4.7 Perencanaan Pondasi .....	238
4.7.1 Umum .....	238
4.7.2 Beban Struktur .....	239
4.7.3 Spesifikasi Tiang Pancang .....	240
4.7.4 Data Tanah .....	241
4.7.5 Daya Dukung Pondasi .....	241
4.7.6 Perencanaan Poer pada Kolom .....	252
4.7.7 Perencanaan Sloof .....	264
4.7.8 Dinding Penahan Tanah .....	266
4.7.9 Perencanaan Tulangan Tusuk Konde pada Tiang Pancang .....	269
4.7.10 Perencanaan Pelat Basement .....	273
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>277</b>
5.1 Kesimpulan .....	277
5.2 Saran .....	280
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>283</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>287</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Solid Slab .....	10
Gambar 2. 2 Balok Berpenampang Persegi (Rectangular Beam)	10
Gambar 2. 3 Penampang Kolom Pracetak .....	11
Gambar 2. 4 Penampang Kolom Pracetak .....	13
Gambar 2. 5 Sambungan Kolom-Kolom Menggunakan <i>Grout Sleeves</i> .....	13
Gambar 2. 6 Hysteresis Curve Cor Setempat .....	14
Gambar 2. 7 Sambungan Las.....	15
Gambar 2. 8 Hysteresis Curve Sabungan Las.....	16
Gambar 2. 9 Sambungan Baut.....	16
Gambar 2. 10 Hysteresis Curve Sabungan Baut .....	17
Gambar 2. 11 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat) .....	19
Gambar 2. 12 Posisi titik angkat pelat / dinding (8 buah titik angkat).....	20
Gambar 2. 13 Pengangkatan balok / kolom pracetak.....	20
Gambar 2. 14 Model pembebanan balok / kolom pracetak saat pengangkatan.....	21
Gambar 2. 15 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok / kolom .....	21
Gambar 2.16 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar .....	23
Gambar 3. 1. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....	25
Gambar 3. 2 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di Hubungan Balok Kolom.....	37
Gambar 3. 3 Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur .....	38
Gambar 3.4 Sambungan Balok dan Kolom .....	41
Gambar 3.5 Hubungan Balok Kolom .....	42
Gambar 3.6 Parameter Konsol Pendek.....	43
Gambar 3.7 Sambungan Antara Balok dengan Pelat .....	43
Gambar 3.8 Sambungan balok induk dengan balok anak .....	44
Gambar 3. 9 Tulangan Penyaluran Kolom .....	45
Gambar 3. 10 Tulangan Geser Pada <i>Sleeves</i> .....	46

Gambar 3. 11 Potongan Sambungan Kolom.....	47
Gambar 3. 12 Pemasangan Sambungan Kolom.....	47
Gambar 3. 13 Portal .....	48
Gambar 4. 1. Denah Gedung .....	51
Gambar 4. 2. Variasi Balok Induk Pada Gedung The Conexio...	54
Gambar 4. 3. Variasi Balok Anak Pada Gedung The Conexio ...	55
Gambar 4. 4. Variasi Pelat Pada Gedung The Conexio .....	58
Gambar 4. 5. Denah Kolom.....	63
Gambar 4. 6. Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai .....	71
Gambar 4. 7. Metode erection arah horizontal .....	72
Gambar 4. 8. Dua Titik Angkat Pada Pelat Pracetak .....	73
Gambar 4. 9. Empat Titik Angkat Pada Pelat Pracetak .....	73
Gambar 4. 10. Pengangkatan Pada Elemen Balok.....	73
Gambar 4. 11. Pengangkatan pada Elemen Kolom .....	74
Gambar 4. 12. Pemasangan Sambungan Kolom.....	76
Gambar 4. 13. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom....	77
Gambar 4. 14. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Balok Anak .....	78
Gambar 4. 15. Pemasangan Sambungan Pelat Pracetak .....	79
Gambar 4. 16. Permodelan dengan ETABS .....	80
Gambar 4. 17. Grafik Respon Spektrum Bekasi.....	85
Gambar 4. 18. Denah Tangga.....	97
Gambar 4. 19. Potongan Tangga .....	98
Gambar 4. 20. Permodelan Struktur Tangga .....	99
Gambar 4. 21. Tampak 3D Tangga dan Perletakan .....	100
Gambar 4. 22. Hasil Momen M11 .....	100
Gambar 4. 23. Hasil Momen M22.....	100
Gambar 4. 24. Hasil Geser V13.....	101
Gambar 4. 25. Hasil Geser V23.....	101
Gambar 4. 26. Pelat Lantai .....	115
Gambar 4. 27. Momen Pengangkatan Pelat Pracetak .....	123
Gambar 4. 28. Jarak Tulangan Angkat .....	126
Gambar 4. 29. Profil PSA dan Perkuatan .....	129



Gambar 4. 30. Kait <i>Jenka Lifter</i> .....	130
Gambar 4. 31. Defleksi pada Pelat .....	131
Gambar 4. 32. Defleksi pada Pelat .....	133
Gambar 4. 33. Denah Balok Anak.....	137
Gambar 4. 34. Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit B1A .....	138
Gambar 4. 35. Pengangkatan Balok .....	154
Gambar 4. 36. Titik Angkat Balok Anak.....	160
Gambar 4. 37. Profil PSA dan Perkuatan .....	163
Gambar 4. 38. Kait <i>Jenka Lifter</i> .....	163
Gambar 4. 39. Denah Balok Induk Pracetak.....	169
Gambar 4. 40. Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit.....	170
Gambar 4. 41. Titik Angkat Balok Induk .....	196
Gambar 4. 42. Profil PSA dan Perkuatan .....	198
Gambar 4. 43. Kait <i>Jenka Lifter</i> .....	199
Gambar 4. 44. Denah Kolom Pracetak .....	201
Gambar 4. 45. Output Program Bantu SPColumn .....	203
Gambar 4. 46. Profil BSA dan Perkuatan Kait JL .....	212
Gambar 4. 47. <i>JENKA Lifter</i> .....	212
Gambar 4. 48. Diagram Interaksi ShearWall 1 .....	218
Gambar 4. 49. Diagram Interaksi ShearWall 2.....	218
Gambar 4. 50. Detail Sambungan Balok – Kolom .....	220
Gambar 4. 51. Detail Sambungan Balok-Balok.....	220
Gambar 4. 52. Detail Sambungan Kolom-Kolom.....	221
Gambar 4. 53. Geometrik Konsol Pendek .....	221
Gambar 4. 54. Detail batang tulangan dengan kait standar.....	226
Gambar 4. 55. Detail batang tulangan dengan kait standar.....	231
Gambar 4. 56. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak.	233
Gambar 4. 57. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak.	234
Gambar 4. 58. Grafik Daya Dukung Tanah.....	243
Gambar 4. 59. Tiang Grup Tipe 1 .....	245
Gambar 4. 60. Tiang Grup Tipe 4 .....	245
Gambar 4. 61. Defleksi akibat Gaya Lateral Tiang .....	248

Gambar 4. 62. Grafik <i>Immediate Settlement of Isolate Footing</i>	249
Gambar 4. 63. grafik <i>Influence Value for Laterally Loaded Pile</i> .....	250
Gambar 4. 64. grafik <i>Influence Value for Laterally Loaded Pile</i> .....	251
Gambar 4. 65. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X) .....	256
Gambar 4. 66. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y) .....	258
Gambar 4. 67. Pembebanan Poer Tipe 4 (Arah Sumbu X) .....	260
Gambar 4. 68. Pembebanan Poer Tipe 4 (Arah Sumbu Y) .....	262
Gambar 4. 69 Diagram Interaksi P-M .....	265
Gambar 4. 70. Spesifikasi Penulangan Sloof .....	265
Gambar 4. 71. Momen M11 akibat Tekanan Horizontal Tanah	267
Gambar 4. 72. Momen M22 akibat Tekanan Horizontal Tanah	267
Gambar 4. 73. Potongan Pile .....	270
Gambar 4. 74. Diagram Interaksi Kolom Diameter 560 mm ....	271

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Keunggulan dan Kelemahan Beton Pracetak .....	6
Tabel 2. 2 Perbedaan Metode Penyambungan .....	12
Tabel 2. 3 Jenis Penyambungan NMB Splice Sleeves.....	14
Tabel 2. 4 Angka pengali beban statis ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis.....	22
Tabel 2. 5 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik .....	23
Tabel 2. 6 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Berkait dalam Tarik.....	24
Tabel 4. 1. Tebal Minimum Balok Non-Prategang.....	53
Tabel 4. 2. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk .....	55
Tabel 4. 3. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak.....	56
Tabel 4. 4. Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap.....	62
Tabel 4. 5 Beban Total yang diterima Kolom Atap-22.....	65
Tabel 4. 6 Beban yang diterima Kolom Lantai 21-1.....	66
Tabel 4. 7 Beban yang diterima Kolom Lantai 15-10.....	67
Tabel 4. 8 Beban yang diterima Kolom Lantai 9-3.....	68
Tabel 4. 9 Rasio Selisih Pembebanan ETABS dan Manual.....	82
Tabel 4. 10 Perhitungan Data Tanah untuk Menentukan Kelas Situs .....	83
Tabel 4. 11 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain .....	84
Tabel 4. 12 Modal Periode dan Frekuensi .....	86
Tabel 4. 13 Perhitungan Gaya Geser tiap Lantai .....	89
Tabel 4. 14 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS .....	90
Tabel 4. 15 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah <i>Scale Factor</i> .....	91
Tabel 4. 16 Jumlah Partisipasi Massa Dalam Menghasilkan Respon.....	92
Tabel 4. 17 Batas Simpangan Gedung.....	92
Tabel 4. 18 Kontrol Drift Arah X .....	94
Tabel 4. 19 Kontrol Drift Arah Y .....	95
Tabel 4. 20 Reaksi Perletakan Untuk Gempa X dan Y .....	96
Tabel 4. 21. Rekapitulasi Penulangan Tangga.....	113

Tabel 4. 22. Faktor Lendutan Jangka Panjang .....	134
Tabel 4. 23. Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Pelat .....	135
Tabel 4. 24. Rekapitulasi Kontrol Lendutan Pelat .....	135
Tabel 4. 25. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak .....	164
Tabel 4. 26. Kontrol Dactual .....	175
Tabel 4. 27. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk .....	189
Tabel 4. 28. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Setelah Tulangan Torsi .....	199
Tabel 4. 29. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Kolektor ...	200
Tabel 4. 30. Rekapitulasi Pengangkatan Kolom .....	211
Tabel 4. 31. Rekapitulasi Penulangan Kolom Pracetak .....	212
Tabel 4. 32. Rekapitulasi Penulangan Shearwall .....	219
Tabel 4. 33. Beban Akibat Kolom .....	240
Tabel 4. 34. Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1	246
Tabel 4. 35. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang Tipe 4 .....	246
Tabel 4. 36. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 1..	248
Tabel 4. 37. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 2..	248
Tabel 4. 38. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral .....	251
Tabel 4. 39. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral .....	251
Tabel 4. 40. Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 1 .....	252
Tabel 4. 41. Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 2.....	252
Tabel 4. 42. Hasil Rekapitulasi Momen Arah X dan Y .....	274
Tabel 4. 43. Hasil Rekapitulasi Penulangan Arah X.....	275
Tabel 4. 44. Hasil Rekapitulasi Penulangan Arah Y .....	276
Tabel 5. 1. Dimensi Struktur Sekunder .....	277
Tabel 5. 2. Dimensi Struktur Primer.....	278
Tabel 5. 3. Dimensi Struktur Primer.....	279

# **BAB I**

## **Pendahuluan**

### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia yang bertambah begitu pesat menyebabkan kebutuhan primer umumnya seperti hotel dan gedung perkantoran untuk menunjang berbagai kehidupan masyarakatpun semakin meningkat. Bangunan gedung biasanya dibangun dengan metode konvensional dimana semua bahan konstruksi yang diperlukan dicetak ditempat proyek konstruksi. Pada sistem beton konvensional, elemen struktur dicor langsung dilokasi dimana elemen tersebut akan diletakkan, sedangkan pada sistem pracetak elemen struktur dicor terlebih dahulu di pabrik atau di tempat yang berbeda dengan tempat atau lokasi dimana elemen struktur tersebut akan digunakan kemudian dirakit hingga menjadi kesatuan dalam sebuah bangunan (Ervianto,2006).

Dalam kondisi ini, tuntutan terhadap pekerjaan konstruksi yang cepat dan efisien sering kali terjadi terlebih pada kasus bangunan bertingkat. Meningkatnya kebutuhan bangunan bertingkat untuk perumahan, perkantoran, hotel, dan lain-lain di perkotaan mendorong timbulnya kebutuhan akan suatu rancangan struktur yang ekonomis dan dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien tanpa mengurangi kekakuan antar komponen struktur bangunan (Tjahjono dan Purnomo, 2004). Terlebih lagi pada pemerintahan sekarang yang berfokus pada pembangunan infrastruktur sangat membutuhkan metode yang dapat merampungkan pekerjaan pembangunan dengan cepat. Menanggapi hal tersebut metode beton pracetak merupakan alternatif yang dinilai tepat untuk dilaksanakan.

Keuntungan yang diharapkan dari pengoperasian bangunan juga bisa segera dinikmati. Kontrol kualitas berupa mutu beton dan dimensi elemen menjadi lebih akurat karena elemen-

elemen gedung sudah dicetak terlebih dahulu di pabrik. Keterbatasan areal lokasi proyekpun tidak menjadi masalah karena pada metode pracetak tidak memerlukan lahan yang luas untuk penyimpanan material selama proses pengerjaan konstruksi berlangsung. Namun perlu diingat bahwa sistem struktur pracetak ini baru efektif dan efisien bila diterapkan pada pekerjaan yang sifatnya berulang dan massal (Tjahjono dan Purnomo, 2004).

Pada gedung yang memiliki tipe tipikal akan sangat tepat bila alternatif metode beton pracetak ini diterapkan karena pembuatan pracetak dengan bentuk yang seragam akan mempermudah proses pembuatan beton pracetak itu sendiri, sehingga tentunya akan menghemat waktu dan biaya. Dan juga pada gedung tipe ini mempunyai elemen yang tipikal sehingga lebih mudah dalam pelaksanaannya. Harus diperhatikan juga dalam penerapan beton pracetak, memiliki sambungan yang tidak kaku sehingga harus memperhatikan wilayah gempa dimana bangunan akan dibangun. Wilayah dengan zona gempa yang relatif rendah akan membuat penerapan beton pracetak akan lebih efisien.

Pembangunan apartemen The Conexio Cikunir dengan metode pracetak adalah salah satu cara untuk menjawab permasalahan akan masalah lamanya waktu pengerjaan proyek. Dalam perencanaannya yang menggunakan metode konvensional akan dilakukan modifikasi dengan dilaksanakannya proyek ini dengan metode beton pracetak. Pelaksanaan metode pracetak meliputi semua elemen struktur.

## **1.2. Perumusan Masalah**

### **1.2.1. Masalah Utama**

Bagaimana merencanakan ulang struktur Apartemen The Conexio dengan menggunakan metode beton pracetak?

### 1.2.2. Detail Masalah

Dalam perancangan modifikasi struktur gedung Apartemen The Conexio Cikunir menggunakan metode pracetak terdapat beberapa masalah yang timbul, yaitu:

1. Bagaimana menentukan preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan
2. Bagaimana perhitungan pembebanan pada perencanaan struktur Apartemen The Conexio?
3. Bagaimana melakukan analisis permodelan struktur Apartemen The Conexio dengan menggunakan program bantu SAP2000 / ETABS?
4. Bagaimana merencanakan dimensi yang efisien dari elemen beton pracetak?
5. Bagaimana perencanaan *detailing* penulangan pada elemen pracetak sesuai peraturan?
6. Bagaimana perencanaan *detailing* sambungan pada elemen pracetak sesuai peraturan?
7. Bagaimana perencanaan struktur pondasi yang mampu menopang gedung?
8. Bagaimana merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur?

### 1.3. Tujuan

Maksud dan tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan hasil perancangan modifikasi struktur gedung yang memenuhi persyaratan keamanan konstruksi bangunan gedung, antara lain:

1. Menentukan preliminary design, struktur primerm dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan.
2. Menghitung pembebanan perencanaan ulang struktur Apartemen The Conexio.
3. Melakukan analisis permodelan struktur Apartemen The Conexio dengan menggunakan program bantu SAP 2000 / ETABS

4. Merencanakan dimensi elemen beton pracetak monolit sehingga mampu menahan beban yang bekerja pada struktur.
5. Merencanakan *detailing* penulangan pada elemen beton pracetak sesuai peraturan.
6. Merencanakan *detailing* sambungan pada elemen beton pracetak sesuai peraturan.
7. Merencanakan struktur pondasi yang menopang gedung dengan kondisi tanah eksisting.
8. Merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam perencanaan gedung Apartemen The Conexio ini ialah :

1. Perencanaan menggunakan teknologi beton pracetak (non-prategang) pada kolom, balok, dan pelat
2. Tidak menghitung RAB bangunan dan tidak meninjau manajemen konstruksi
3. Perencanaan *basement* dan pondasi menggunakan metode beton konvensional
4. Perancangan tidak meliputi utilitas bangunan, mekanikal, instalasi listrik, dan *finishing*
5. Menggunakan program bantu ETABS, SAP2000, AutoCad dan PCACol

#### **1.5. Manfaat**

Modifikasi perencanaan struktur ini memiliki manfaat, meliputi:

1. Memahami perancangan pada struktur gedung bertingkat menggunakan metode beton pracetak (*precast*).
2. Menjadi acuan bagi para pembaca tentang pembangunan dengan metode beton pracetak dalam semua komponen struktur serta sambungannya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Indonesia merupakan daerah rawan gempa, maka bangunan perlu didesain agar mampu menahan beban gempa. Selain itu, kebutuhan bangunan saat ini lebih kompleks seiring perkembangan zaman. Dalam perancangan tugas akhir ini, Apartemen The Conexio dimodifikasi agar struktur kuat dalam menahan beban yang terjadi dan cepat dalam penyelesaiannya. Dalam bab ini akan dibahas mengenai acuan yang digunakan saat proses perancangan dan perhitungan. Sistem struktur gedung, konstruksi tahan gempa, sistem pracetakpun akan dibahas untuk bangunan gedung dan struktur *basement*.

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

Seperti yang diketahui bahwa beton pracetak dalam pembuatannya dilakukan di lokasi proyek atau di pabrik karena hal itu agar komponen pracetak sesuai dari yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan ketika proses pembuatan, hendaknya sudah mengetahui macam-macam elemen struktur pracetak yang umum digunakan dan diproduksi sehingga dapat diterapkan. Faktor eksternal yang harus diperhatikan biasanya pada saat pengiriman beton pracetak harus terjaga mutunya. Pada umumnya dianggap bahwa penggunaan beton pracetak lebih ekonomis dibandingkan dengan pengecoran ditempat dengan alasan mengurangi biaya pemakaian bekisting, mereduksi biaya upah pekerja karena jumlah pekerja relatif lebih sedikit, mereduksi durasi pelaksanaan proyek sehingga *overhead* yang dikeluarkan menjadi lebih kecil (Dunham,1984). Untuk keunggulan dan kelemahan secara garis besar antara penggunaan beton pracetak dengan beton konvensional dijelaskan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1. Keunggulan dan Kelemahan Beton Pracetak

<b>Keunggulan</b>	<b>Kelemahan</b>
Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana	Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi
Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca	Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerjaan di lapangan hanya mengerjakan sebagian dari bangunan dan kemudian digabung dengan komponen-komponen beton pracetak.	Diperlukan perencanaan yang detail dibagian sambungan.
Aspek kualitas, dimana beton dengan mutu prima dapat mudah dihasilkan dalam lingkungan pabrik.	Diperlukan lahan yang luas untuk proses produksi dalam jumlah yang besar.
Mampu mereduksi biaya konstruksi.	Hanya cocok untuk bangunan yang menggunakan komponen sejenis( <i>typical</i> )

Sumber : (Dewi, 2011)

### 2.3. Sistem Struktur Gedung

Ada beberapa sistem struktur yang umum digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung akan tetapi pada sub bab ini hanya dijelaskan yang berkaitan dengan topik penulis ambil antara lain :

#### 2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur yang memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap.

Untuk pembebanan yang terjadi pada beban lateral akan dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur.

### **2.3.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**

Untuk merencanakan struktur gedung bertingkat yang aman terhadap bencana gempa setidaknya struktur harus memiliki kekuatan dan perilaku yang baik akibat beberapa tahapan pembebanan termasuk yang paling kritis yaitu beban gempa. Akibat gempa bumi yang terjadi struktur akan berespon terhadap gaya yang bekerja padanya sesuai tingkat kekakuan struktur tersebut hingga mencapai keruntuhannya (Patrisko dan Ronnie,2018).

Menurut SNI-1726-2013 pasal 3.53, tentang perencanaan bangunan terhadap gempa menyebutkan bahwa SRPMK merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menahan siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Sistem ini memastikan bahwa respon elastis dari struktur bersifat daktail. Prinsip ini terdiri dari tiga yaitu: *Strong Column Weak Beam* yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai, menghindari kegagalan geser pada balok, kolom dan joint serta menyediakan detail yang memungkinkan perilaku daktail (Patrisko dan Ronny,2018).

### **2.3.3 Dinding Geser**

Dinding geser adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. Berdasarkan letak dan fungsinya, shear wall / dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu :

1. Bearing walls adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom.
3. Core walls adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak di kawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan ekonomis (Fajar,2017)

Fungsi shear wall / dinding geser ada 2, yaitu kekuatan dan kekakuan, artinya :

1. Kekuatan
  - Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
  - Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding, lembaran atau footings.
2. Kekakuan
  - Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi - goyangan yang berlebihan.
  - Ketika dinding geser cukup kaku, mereka akan mencegah membengkai lantai dan atap anggota dari bergerak dari mendukung mereka.
  - Bangunan yang cukup kaku biasanya akan menderita kerusakan kurang nonstruktural

### **2.3.4 Sistem Ganda**

Sistem ganda adalah sistem struktur yang terdiri dari rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi. Pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral. Kedua sistem ini harus direncanakan untuk memikul seluruh beban lateral dengan memperhatikan siteraksi sistem struktur.

## **2.4. Tinjauan Elemen Pracetak**

Dalam pracetak ada tiga elemen yang perlu ditinjau untuk bangunan struktur gedung pada umumnya yangmana mencakup pelat, kolom, dan balok pracetak.

### **2.4.1. Pelat Cetak**

#### **2.4.1 Pelat Pracetak**

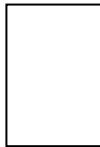
Pelat merupakan elemen yang memiliki permukaan datar dan ketebalannya jauh lebih kecil dibandingkan dimensi yang lain (Umi dan Suprpto, 2009). Dalam *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada tiga macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak tetapi penulis hanya menggunakan pelat pracetak tanpa lubang (*solid slabs*), pelat pracetak dimana tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketabalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini 153 hingga 1067 cm. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang. Berikut gambar pelat pracetak tanpa lubang pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Solid Slab  
(Sumber : *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition*)

#### 2.4.2 Balok Pracetak

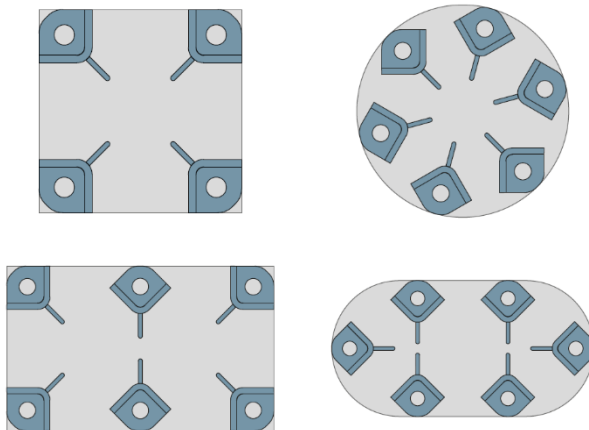
Untuk balok pracetak (*precast beam*) digunakan balok balok berpenampang persegi (*rectangular beam*) seperti ilustrasi pada gambar 2.2. Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu pabrikan lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



Gambar 2. 2 Balok Berpenampang Persegi (Rectangular Beam)  
(Sumber : *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition*)

#### 2.4.3 Kolom Pracetak

Berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 16.5.3 (a), kolom pracetak harus mempunyai kekuatan nominal dalam kondisi tarik tidak kurang dari  $1,4A_g$  dalam N. Untuk kolom dengan penampang yang lebih besar dari yang diperlukan dengan tinjauan pembebanan, luas efektif tereduksi  $A_g$  yang didasarkan pada penampang yang diperlukan tetapi tidak kurang dari setengah luas total, hal ini diperbolehkan. Pada gambar 2.3 diilustrasikan jenis-jenis penampang untuk kolom pracetak.



Gambar 2. 3 Penampang Kolom Pracetak  
(Sumber : Peikko Group HPKM Column Catalogue)

## 2.5 Sambungan Beton Pracetak

Bagian yang rawan dari struktur pracetak adalah pada bagian sambungan (*joint*) yang menghubungkan elemen pracetak yang satu dengan elemen pracetak lainnya. Dalam sistem beton pracetak dikenal dua jenis sambungan, yaitu sambungan basah (*wet-joint*) dan sambungan kering (*dry-joint*). Untuk *wet-joint* (*in-situ concrete joint*), struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih tinggi bila dibandingkan dengan *dry-joint*, tetapi membutuhkan *setting-time* beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. Pada *dry-joint*, struktur yang terbentuk kurang monolit, setelah proses instalasi sambungan segera dapat berfungsi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi, kelemahannya ialah toleransi dimensi rendah sehingga membutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan pemasangan (Noorhidana, 2009).

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat tiga macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut antara lain, sambungan dengan cor ditempat (*in situ concrete joint*), sambungan dengan menggunakan las dan sambungan dengan

menggunakan baut. Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri yang disajikan dalam tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 Perbedaan Metode Penyambungan

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

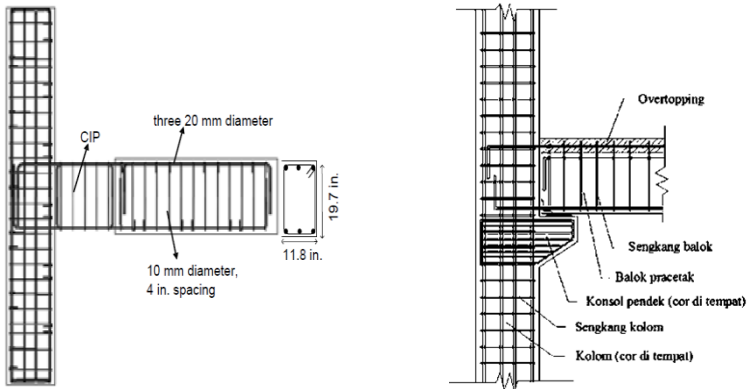
*Sumber : Wulfram I. Ervianto (2006)*

### 2.5.1 Sambungan Cor Setempat

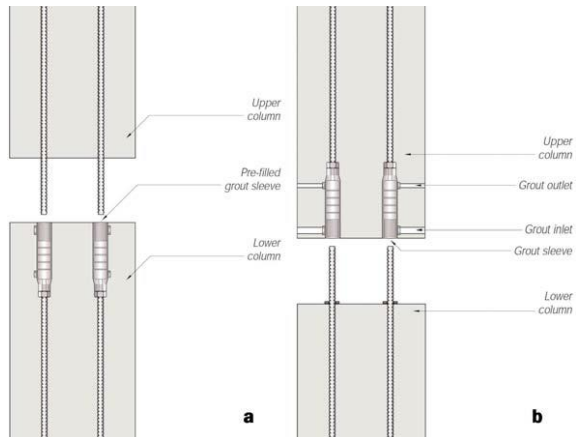
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung atau penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. dan gambar 2.5. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding menggunakan sambungan jenis lain. Pada gambar 2.6



dapat dilihat hasil *story drift* yang terjadi untuk sambungan cor setempat.



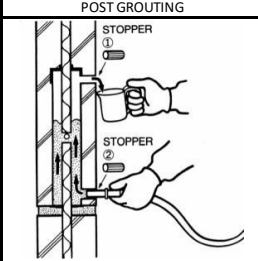
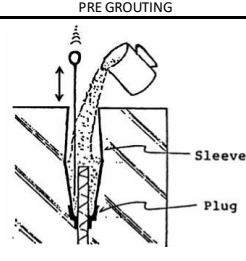
Gambar 2. 4 Penampang Kolom Pracetak  
(Sumber : *PCI Journal*)



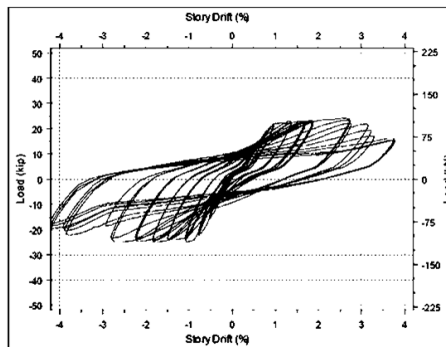
Gambar 2. 5 Sambungan Kolom-Kolom Menggunakan *Grout Sleeves*  
(Sumber : *Ancon Building*)

- a) Sambungan kolom pracetak dengan *grout sleeves* pada kolom bagian bawah. Sebelum sambungan jadi *grout sleeves* akan diisi dengan semen setelah itu akan disambungkan.
- b) Sambungan kolom pracetak dengan *grout sleeves* pada kolom bagian atas akan dipompakan dengan semen pada inlet bagian bawah setelah kolom bagian atas sudah terpasang. Ilustrasi poin a) dan poin b) dijelaskan pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Jenis Penyambungan NMB Splice Sleeves

SYSTEM	POST GROUTING	PRE GROUTING
OPERATION		

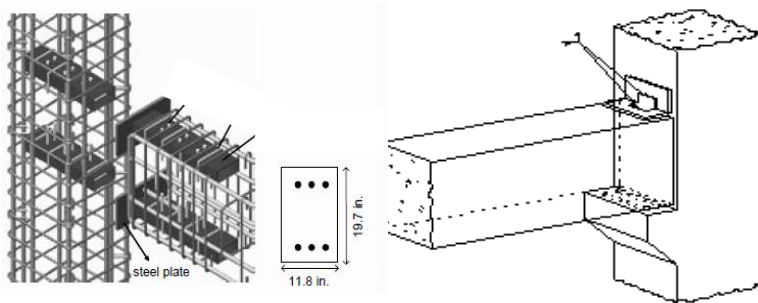
(Sumber : NMB Splice Sleeve Manual Penggunaan)



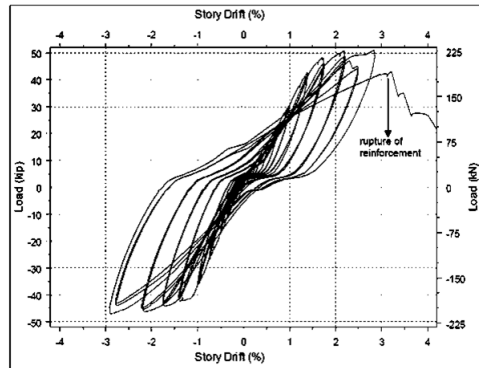
Gambar 2. 6 Hysteresis Curve Cor Setempat  
(Sumber : PCI Journal)

### 2.5.2 Sambungan Las

Alat sambung jenis menggunakan pelat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti gambar 2.7. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi. Pada gambar 2.8 dapat dilihat hasil *story drift* yang terjadi untuk sambungan las.



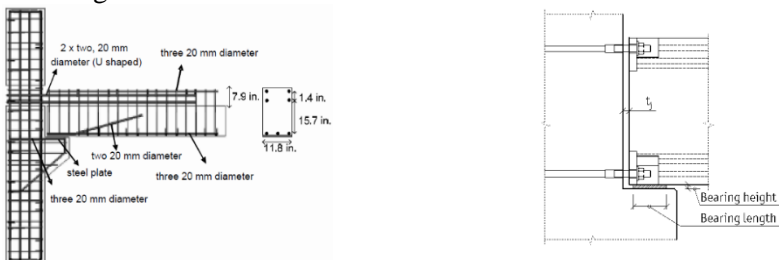
Gambar 2. 7 Sambungan Las  
(Sumber : *PCI Journal*)



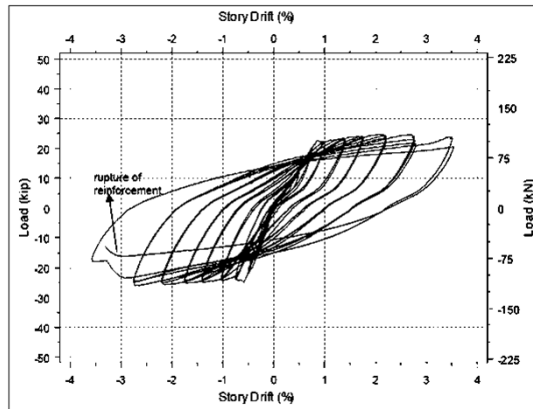
Gambar 2. 8 Hysteresis Curve Sabungan Las  
(Sumber : *PCI Journal*)

### 2.5.3 Sambungan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat baja dikedua elemen beton pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi dan ilustrasi sambungan baut dapat dilihat pada gambar 2.9. Selanjutnya pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton, guna melindungi dari korosi. Pada gambar 2.10 dapat dilihat hasil *story drift* yang terjadi untuk sambungan baut.



Gambar 2. 9 Sambungan Baut  
(Sumber : *PCI Journal*)



Gambar 2. 10 Hysteresis Curve Sabungan Baut  
(Sumber : *PCI Journal*)

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

## 2.6 Titik-Titik Angkat Dan Songkongan

### 2.6.1 Pengangkatan Pelat / Dinding Pracetak

Pemasangan pelat atau dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat atau dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dan truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak seperti pada gambar 2.11 untuk empat titik angkat dan pada gambar 2.12 untuk delapan titik angkat. 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 :

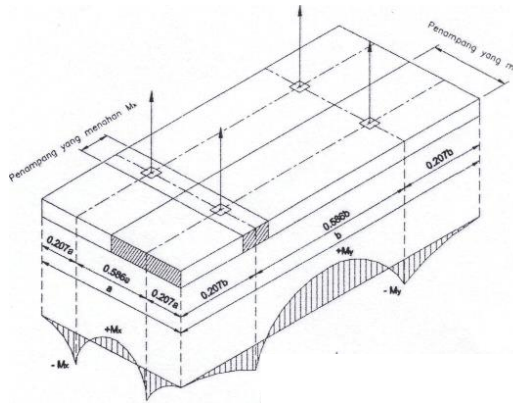
1. Dua titik angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b \quad (2-1)$$

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

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



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

## 2. Empat Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

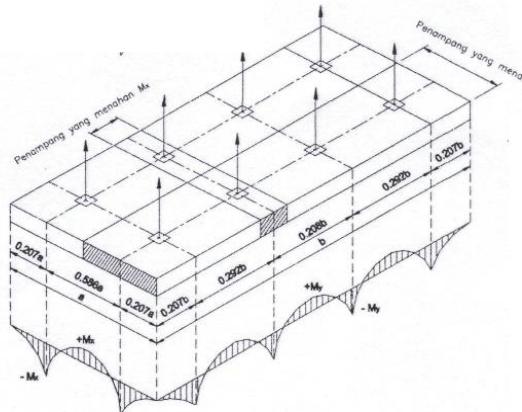
$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

(2-3)

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

(2-4)

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

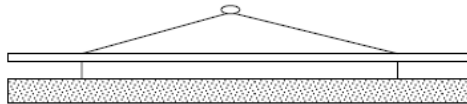


Gambar 2. 12 Posisi titik angkat pelat / dinding (8 buah titik angkat)

(Sumber : *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition*)

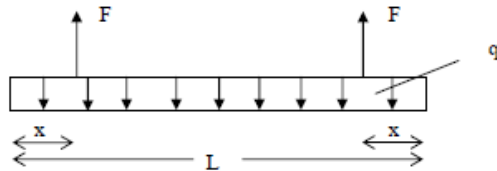
### 2.6.2 Pengangkatan Balok / Kolom Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok atau kolom pracetak untuk dipasang pada tumpuannya Gambar 2.13 dan 2.14 mengilustrasikan proses pengangkatan balok pracetak dan kolom pracetak. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini yaitu kekuatan angkur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



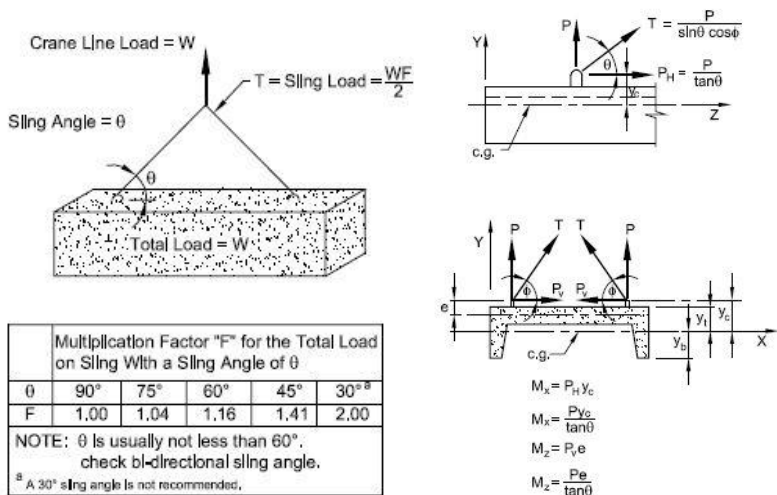
Gambar 2. 13 Pengangkatan balok / kolom pracetak





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

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar 2.15 berikut :



Gambar 2. 15 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok / kolom  
 (Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 7<sup>th</sup> Edition*)

Tabel 2. 4 Angka pengali beban statis ekivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis

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

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

### 2.6.3 Geser Horizontal

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

$$V_{vh} = T = C = A_s f_y \quad (2-5)$$

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

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

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

$$A_{vh} = \frac{V_n}{f_y x \mu} \quad (2-7)$$

### 2.6.4 Detail Penulangan

- Peyaluran Tulangan Dalam Tarik  
Menurut SNI 2847:13, pasal 12.2.2 adalah sebagai berikut :

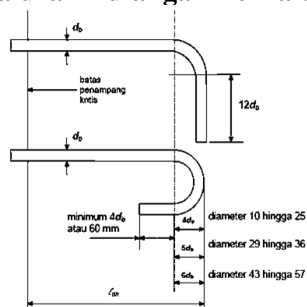
$$l_{d(min)} = 300 \text{ mm Untuk } D \leq 19 \text{ mm : } l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad (2-8)$$

$$D \geq 22 \text{ mm} : l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad (2-9)$$

Tabel 2. 5 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik

$\psi_t$ = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan	1,3
Situasi lain	1,0
$\psi_e$ = faktor pelapis	
Batang atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$ 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 (digalvanis)	1,0
$\psi_s$ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil atau kawat ulir	0,8
Batang D-22 dan yang lebih besar	1,0
$\lambda$ = faktor agregat ringan	
Apabila $f_{ct}$ ditetapkan	0,75
Beton normal	1,0

- **Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Tarik**



Gambar 2.16 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar  
(Sumber: SNI 2847:2013, gambar S12.5)

Menurut SNI 2847:2013, pasal 12.5.2 adalah sebagai berikut:

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

Panjang penyaluran dasar

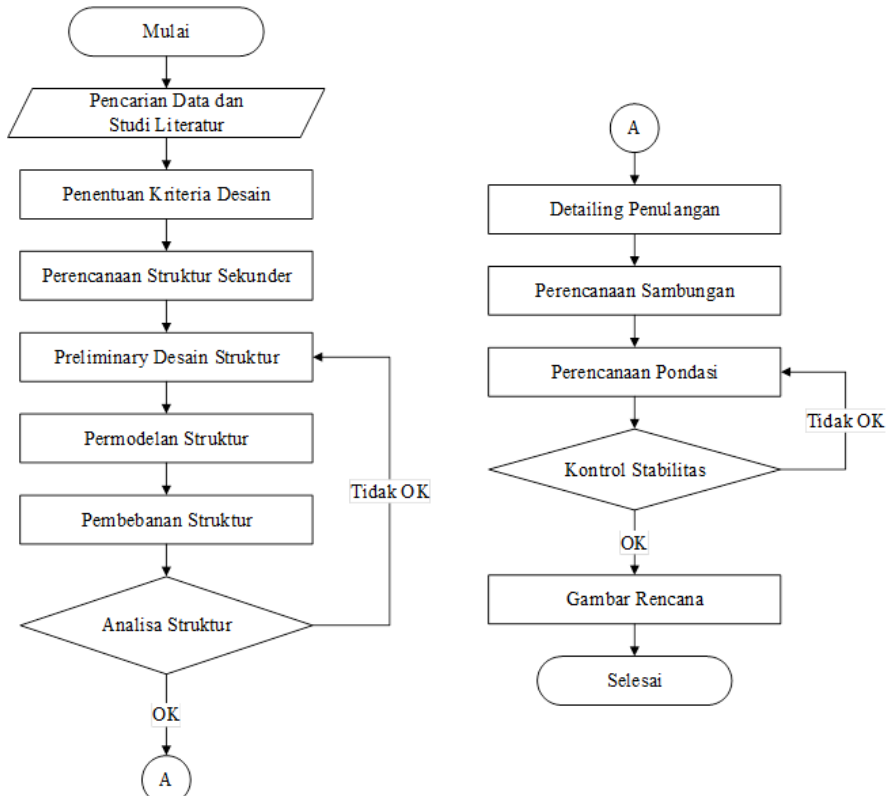
$$\ell_{dh} = (0,24\Psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'_c}) / d_b \quad (2-10)$$

Tabel 2. 6 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 senggang yang dipasang sepanjang $ld_h$ 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 senggang tegak lurus terhadap tulangan yang disalurkan tidak lebih besar dari $3d_b$	0,8

### BAB III METODOLOGI

Perencanaan gedung Apartemen The Conexio menggunakan metode beton pracetak memiliki langkah-langkah untuk mencapai desain yang dapat diaplikasikan sesuai dengan diagram alir pada **Gambar 3.1**



Gambar 3. 1. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.1 Studi Literatur dan Data Perencanaan

#### 3.1.1 Data Perencanaan

##### 1. Data Umum

- Nama gedung : Apartemen The Conexio
- Lokasi : Jl. Caman Raya, Jatibening, Pondok Gede, Bekasi
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 27
- Tinggi bangunan : + 85 m
- Total luas area :  $\pm 2387 \text{ m}^2$
- Struktur utama : Struktur beton bertulang

##### 2. Data Gambar

- Gambar Struktur (Terlampir)
- Gambar Arsitektur (Terlampir)

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

##### 1. Data Umum Bangunan

- Nama gedung : Apartemen The Conexio
- Lokasi : Jl. Caman Raya, Jatibening, Pondok Gede, Bekasi
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 27
- Tinggi bangunan : + 85,0 m
- Total luas area :  $\pm 2387 \text{ m}^2$
- Struktur utama : Beton pracetak

##### 2. Data Bahan :

- Kekuatan tekan beton ( $f'c$ ) = 40 MPa
- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Data Tanah = terlampir

### 3. Data Gambar

- Gambar Struktur (Terlampir)
- Gambar arsitektur (Terlampir)

#### 3.1.2 Literatur Perencanaan Gedung

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung ( SNI 2847:2013 )
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung ( SNI 1727:2013)
- ACI 318R-14 *Building Code Requirements for Structural Concrete*
- PCI Handbook 7<sup>th</sup> Edition. Precast and Prestress Concrete
- Kim S. Elliot. 2002. Precast Concrete Structures

#### 3.1.3 Pengumpulan Data Perancangan Gedung

- Gambar arsitektur (gambar denah, tampak, dan potongan)
- Data tanah (*soil investigation*) menggunakan data tanah *drilling log*.

### 3.2 Penentuan Kriteria Design

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

- Rangka Momen Khusus yang Dibangun Dengan Menggunakan Sistem Pracetak ( SNI 2847:2013 pasal 21.5 - 21.8 )

- Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9)

### 3.3 Perencanaan Struktur Sekunder

Direncanakan terpisah dalam perencanaannya, karena struktur sekunder hanya meneruskan beban ke struktur utama.

#### 3.3.1 Perencanaan Tulangan Tangga

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

- $64 \leq 2.t + i \leq 65$  (3-1)

- Syarat kemiringan tangga :  $20 \leq \alpha \leq 40$  (3-2)

Dimana :

i = Lebar injakan

t = Tinggi tanjakan

$\alpha$  = Kemiringan tangga

#### 3.3.2 Perencanaan Tulangan Balok Anak

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

#### 3.3.3 Perencanaan Lift

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



### 3.4 Preliminary Desain

Pada *preliminary design* ini akan menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya.

#### 3.4.1 Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ( $\phi$ ) dapat ditentukan.

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

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

#### 3.4.2 Perencanaan Dimensi Balok Induk

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

- $h_{min} = \frac{L}{16}$  digunakan apabila  $f_y = 420$  Mpa (3-4)

- $h_{min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 - \frac{f_y}{700} \right)$  digunakan untuk  $f_y$  selain 420 Mpa (3-5)

- $h_{min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003wc)$  digunakan untuk nilai  $w_c$  1440 sampai 1840  $\text{kg/m}^3$  (3-6)

Di mana: b = Lebar balok  
 h = Tinggi balok  
 Lb = Panjang balok

### 3.4.3 Penentuan Dimensi Pelat

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

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3-7)$$

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

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad (3-8)$$

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

Di mana :

$\beta$  = rasio dimensi panjang terhadap pendek

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

### 3.5 Permodelan Struktur

Permodelan struktur utama dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur akibat pembebanan yang ada, baik beban gravitasi maupun beban gempa. Hasil dari permodelan ini antara lain untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Sedangkan perilaku komponen struktur meliputi komponen kolom dan balok yang ditinjau dari gaya dalam yang didapat dari permodelan struktur. Gaya dalam pada kolom yang perlu diperhatikan antara lain aksial, momen arah x & y, torsi, dan geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen, geser, dan torsi. Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu ETABS.

### 3.6 Pembebanan Struktur

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

#### 1) Beban Statis

- Beban Mati berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 ( PPIUG 1983 )
- Beban Hidup berdasarkan hidup SNI 1727:2013 Tabel 4.1.
- Beban Mati berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.1

#### 2) Beban Gempa

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi :

- Penentuan respon spektrum, penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI-03-1726-2012

- Respon seismik ( $C_s$ ) (SNI 1726:2012, persamaan 7.8-2)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-9)$$

Dimana :

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

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

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

nilai  $C_s$  max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (3-10)$$

Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_S \times W \quad (3-11)$$

$$C_{ux} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-12)$$

dimana :

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

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

- Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1
  - 1)  $U = 1,4 D$
  - 2)  $U = 1,2 D + 1,6 L$
  - 3)  $U = 1,2 D + 1,6 L \pm 1,0 E$
  - 4)  $U = 1,0 D + 1,0 L$
  - 5)  $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

### 3.7 Analisa Struktur

Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program SAP2000. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain :

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

### 3.8 Perencanaan Penulangan Struktur

Perhitungan perencanaan struktur utama dilakukan setelah perhitungan untuk elemen sekunder beserta gaya-gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisis struktur, selanjutnya pendetailan elemen-elemen struktur utama. Perencanaan struktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

#### 3.8.1 Perencanaan Tulangan Balok

##### 3.8.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur pelat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f'_c$ , dan  $\mu$
2. Menentukan harga  $\beta_1$  (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (3-13)$$

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

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3-14)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2)

$$\rho < 0.025 \quad (3-15)$$

SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho < 0.75\rho b \quad (3-16)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} \quad (3-17)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (3-18)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

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

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} \quad (3-19)$$

5. Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2} \quad (3-20)$$

Diketahui harga  $\phi$  ditentukan

(SNI 2847:2013 pasal 9.3)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2xmRn}{f_y}} \right) \quad (3-21)$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max} \quad (3-22)$$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari  $\rho$  yang didapat

$$A_s = \rho b x d \quad (3-23)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b x d} \quad (3-24)$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{S\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \quad (3-25)$$

9. Menghitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1} \quad (3-26)$$

### 3.8.1.2 Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-27)$$

Di mana :

$V_n$  = kuat geser nominal penampang

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

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

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

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-28)$$

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

Dan untuk

$$V_c = 0,17\alpha\sqrt{f'c}b_wd \quad (3-29)$$

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

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-30)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1)

Di mana :

$V_u$  = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

- $V_n$  = Kuat geser nominal  
 $V_c$  = Kuat geser beton  
 $V_s$  = Kuat geser nominal tulangan geser

### 3.8.1.3 Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila:

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (3-31)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3-32)$$

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

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta \quad (3-33)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

Di mana:

- $T_u$  = Momen torsi terfaktor  
 $T_n$  = Kuat momen torsi  
 $T_c$  = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton  
 $T_s$  = Kuat momen torsi nominal tulangan geser  
 $A_0$  = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser  $\text{mm}^2$

### 3.8.2 Perencanaan Tulangan Kolom

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

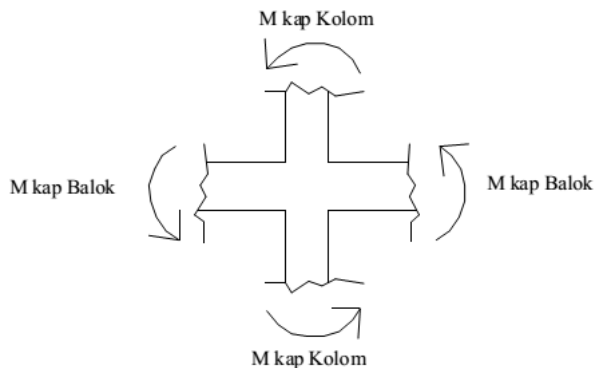


### 3.8.2.1 Persyaratan “Strong Column Weak Beams”

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

$$\Sigma Mn_c \geq (1,2) \times \Sigma Mn_b \quad (3-34)$$

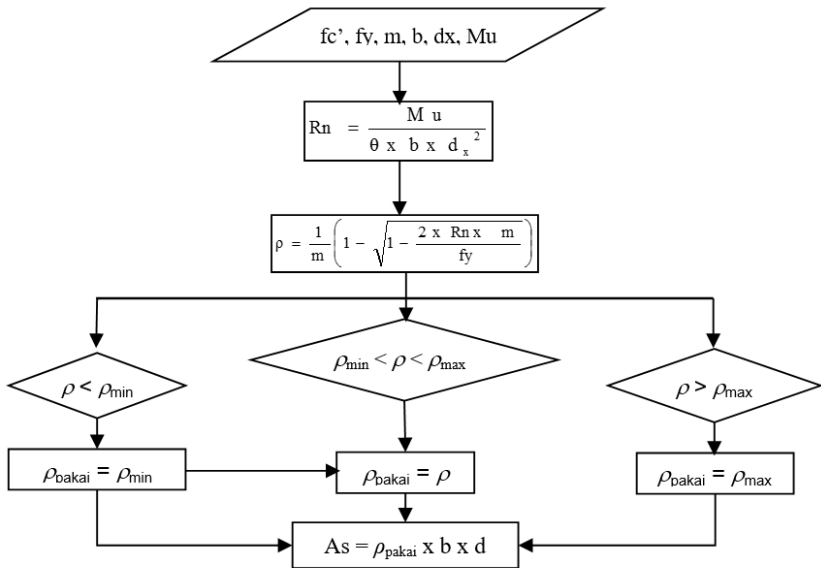
Di mana  $\Sigma Mn_c$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\Sigma Mn_b$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $Mnc$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. Dengan penjelasan ilustrasi pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di Hubungan Balok Kolom

### 3.8.3 Perencanaan Tulangan Pelat

#### 3.8.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Pelat



Gambar 3. 3 Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur

Sumber: SNI 2847:13 Pasal 11.4

#### 3.8.3.2 Pehitungan Tulangan Geser

Perhitungan kebutuhan tulangan geser berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.

1. Hitung  $V_u$  pada titik berjarak  $d$  dari ujung perletakan
2. Cek  $V_u \leq \phi(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d)$  (3-35)
3. Bila tidak memenuhi maka perbesaran penampang

Kriteria kebutuhan tulangan geser :

- $V_u \leq 0,5 \phi V_c \rightarrow$  Tidak perlu penguatan geser (3-36)
- $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow$  diperlukan tulangan geser minimum (3-37)
- $\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_{s \min}) \rightarrow$  diperlukan tulangan geser (3-38)
- $\phi (V_c + V_{s \min}) < V_u \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d \right) \rightarrow$  diperlukan tulangan geser (3-39)

dimana :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} bw \cdot d \quad (3-40)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{f'_c}{3}} bw \cdot d \quad (3-41)$$

$\phi = 0,6$  (untuk geser)

Keterangan :

$V_c$  = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh Beton

$V_s$  = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh Tulangan geser

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

$V_u$  = Gaya geser Berfaktor

Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang komponen struktur berdasarkan SNI 2847:13, pasal 21.5.3.4

### 3.8.3.3 Pehitungan Tulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut di atur dalam SNI 2847:13 Pasal 7.12.2.1

### 3.8.3.4 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 2847:13, Pasal 10.6.4.

### 3.8.4 Perencanaan Tulangan Dinding Geser

#### 3.8.4.1 Kuat Aksial Rencana (SNI 2847:13 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55\phi f'c. Ag \left[ 1 - \left( \frac{k.l_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (3-42)$$

#### 3.8.4.2 Pemeriksaan Tebal Dinding

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi :  
(SNI 2847:13, pasal 11.9.3.)

$$\phi V_n = \phi \frac{5}{6} \sqrt{f'c}. h. d \geq V_u \quad (3-43)$$

Dimana :  $d = 0,8 I_w$

#### 3.8.4.3 Kuat Geser Beton

Dihitung Menurut SNI 2847:13, pasal 11.9.6.

$$V_c = 0,27\lambda \sqrt{f'c}. h. d + \frac{N_u d}{4l_w} \quad (3-44)$$

#### 3.8.4.4 Penulangan Geser Horizontal

Dihitung berdasarkan pada SNI 2847:13, pasal 11.9.9

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (3-45)$$

#### 3.8.4.5 Penulangan Geser Vertikal

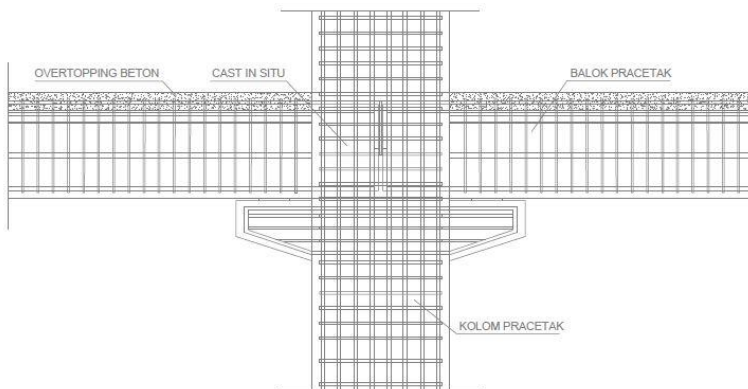
Dihitung berdasarkan SNI 2847:13, pasal 11.9.9.4

$$\rho_l = 0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_t - 0,0025) \quad (3-46)$$

### 3.9 Perencanaan Sambungan

#### 3.9.1 Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom

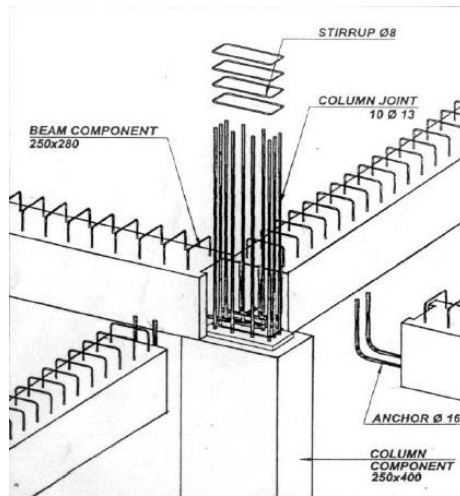
Sambungan balok pracetak – kolom pada perencanaan gedung ini menggunakan Sambungan Balok - Kolom cor setempat yang terletak pada balok. Sambungan tersebut dipilih karena cukup efektif dalam kinerja, kemudahan, dan kesederhanaan sambungan. Dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sambungan Balok dan Kolom

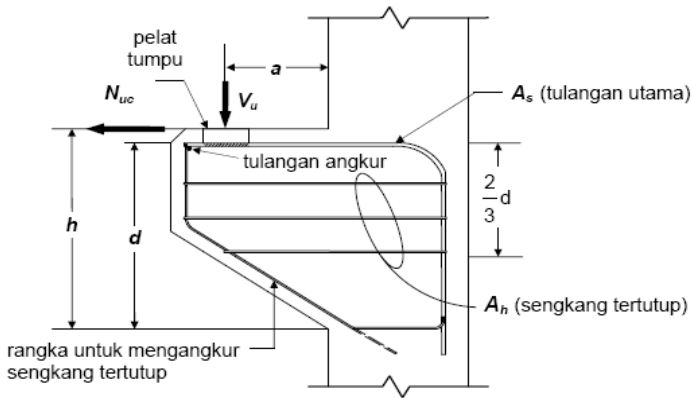
Untuk pemakaian sambungan monolit, harus dipenuhi semua kriteria untuk struktur beton bertulang yang monolit, yaitu kekuatan, kekakuan, daktilitas, dan kriteria yang bersangkutan. Sementara bila sambungan kuat yang akan dipakai, harus dicek akan berlangsungnya mekanisme *strong column weak beam*. Pada 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.

Untuk menjaga elemen struktur dari keruntuhan dan terjadinya sendi plastis pada perbatasan balok joint digunakannya angkur balok pracetak



Gambar 3.5 Hubungan Balok Kolom

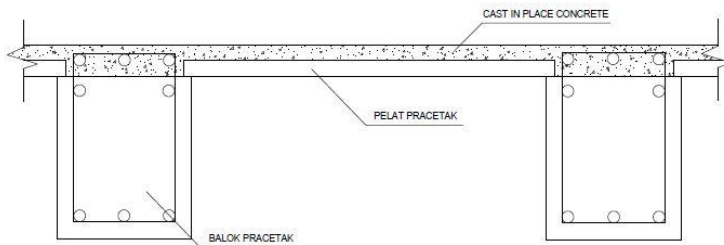
Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



Gambar 3.6 Parameter Konsol Pendek

### 3.9.2 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 3.7.

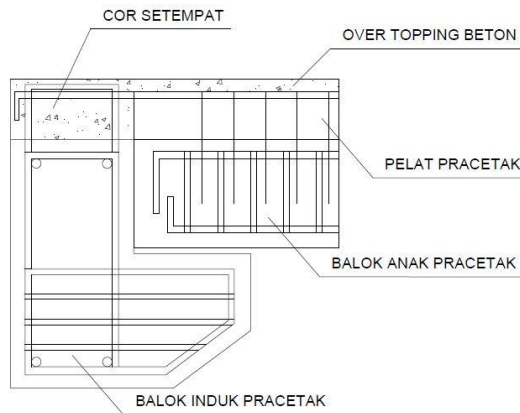


Gambar 3.7 Sambungan Antara Balok dengan Pelat

### 3.9.3 Sambungan Balok Induk dengan 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 membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:2013. Pada Gambar 3.8 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.



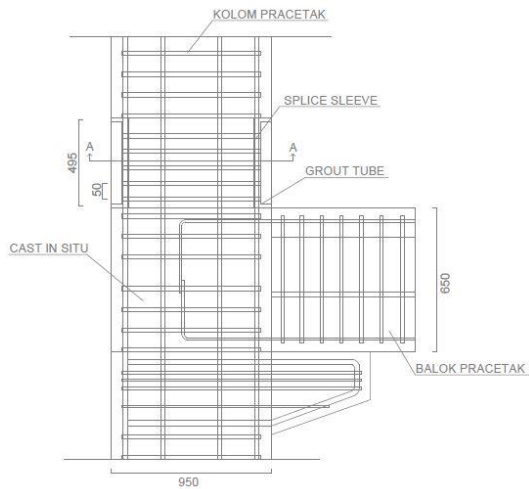
Gambar 3.8 Sambungan balok induk dengan balok anak

### 3.9.4 Sambungan Kolom dengan Kolom

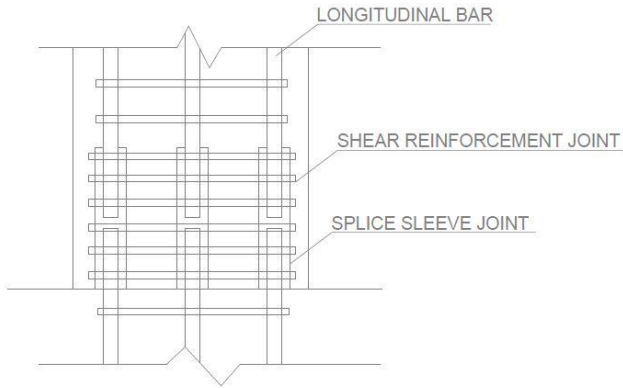
Perencanaan sambungan antar kolom berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 21.8.3(d). Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses



penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yang berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya disini penulis menggunakan referensi dari produk *coupler sleeve* dari NMB Splice Sleeve. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah.

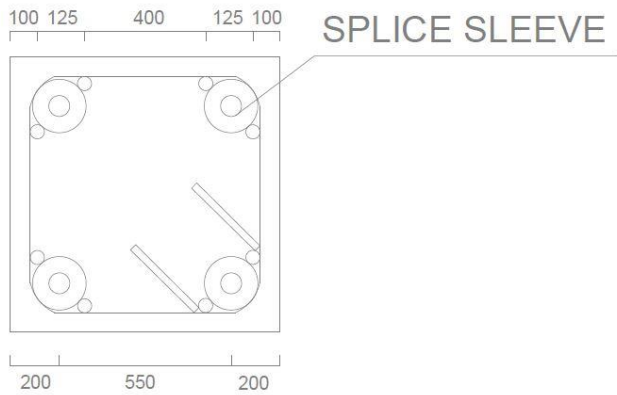


Gambar 3. 9 Tulangan Penyaluran Kolom

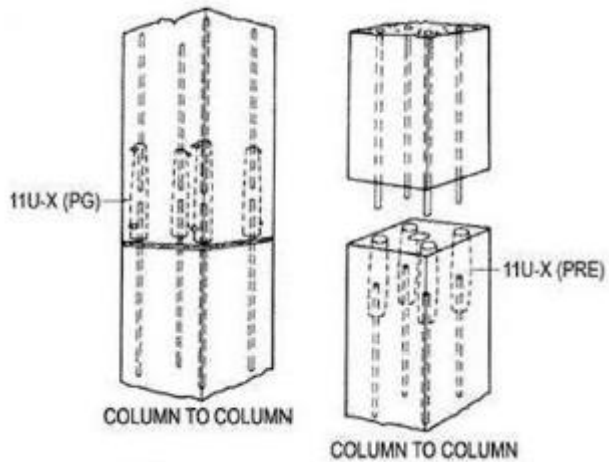


Gambar 3. 10 Tulangan Geser Pada *Sleeves*

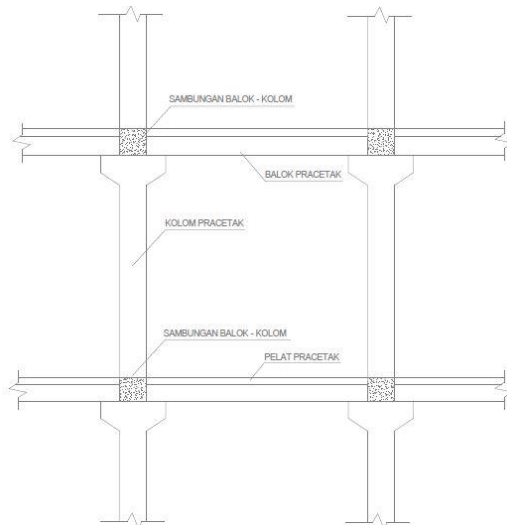
Untuk perhitungan *mechanical splice* yang menggunakan SPRMK diatur dalam ACI 318-2014 pasal 18.2.7 dan pasal 25.5.7. Pada pasal 18.2.7 membagikan *Sleeves* menjadi dua tipe yaitu tipe 1 dan tipe 2. Sambungan mekanis tipe 1 menunjukkan bahwa sambungan mekanis penuh harus berkembang dalam tegangan atau kompresi seperti yang disyaratkan setidaknya 125% dari kekuatan luluh yang ditentukan dari tulangan penguat. Dan untuk tipe 2 tergantung pada kode yang dirujuk pada ACI 318-2014 pasal 18.2.7.1 menguraikan bahwa sambungan mekanis penuh harus berkembang dalam tegangan atau kompresi seperti yang disyaratkan setidaknya  $1,25f_y$  dari tulangan penguat dan harus mengembangkan kekuatan tarik yang ditentukan dari *spliced bar* yang sama dengan 150% dari hasil yang ditentukan untuk ASTM A615.



Gambar 3. 11 Potongan Sambungan Kolom



Gambar 3. 12 Pemasangan Sambungan Kolom



Gambar 3. 13 Portal

### 3.10 Perencanaan Pondasi

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

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

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

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

Nilai Konus diambil 4 D keatas & 4 D kebawah

$$P \text{ ijin } 1 \text{ tiang} = \frac{Atiang \times Cn}{Sf_1} + \frac{JHP \times Q}{Sf_2} \quad (3-47)$$

$$Sf_1 = (2 - 3) \quad (3-48)$$

$$Sf_2 = (5 - 8)$$

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

$$n = \frac{\Sigma Pu}{P \text{ ijin}} \quad (3-49)$$

$$S \geq \frac{1,57(D) \min - 2D}{m+n-2} \quad (3-50)$$

$$\text{Efisiensi tiang } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \quad (3-51)$$

$$\text{Dimana, } \theta = \text{arc tg} \left( \frac{D}{S} \right) \quad (3-52)$$

$$P \text{ max} = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{My \times X \text{max}}{\Sigma x^2 \frac{Mx \times Y \text{max}}{\Sigma y^2}} \quad (3-53)$$

$$P \text{ ult} = \text{Efisiensi tiang} \times Pu \text{ 1 tiang berdiri} \quad (3-54)$$

- **Kontrol Kekuatan Tiang**

$$P \text{ ult} \geq P \text{ perlu} \quad (3-55)$$

$$P \text{ perlu} = P \text{ maks} \quad (3-56)$$

- **Kontrol Geser Ponds Pada Poer**

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

- $V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$   
SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(a) (3-57)

- $V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$   
SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(b) (3-58)

- $V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(c) (3-59)

Dimana :

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

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

$\alpha_s \rightarrow 30$ , untuk kolom tepi

$\rightarrow 40$ , untuk kolom tengah

$\rightarrow 20$ , untuk kolom pojok

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

### 3.11 Gambar Teknik

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



### 1. Data Umum Bangunan

- Nama gedung : The Conexio LRT Superblock
- Lokasi : Jl. Caman Raya, Jatibening, Bekasi
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 28
- Tinggi bangunan :  $\pm 85,00$  m
- Total luas area :  $\pm 2387$  m<sup>2</sup>
- Struktur utama : Struktur beton pracetak
- Atap : Beton Pracetak
- Tinggi Bangunan :
  - Lantai Basement – GF : 3,10 m
  - Lantai GF - UG : 5,00 m
  - Lantai UG – 3 : 4,50 m
  - Lantai 3 – Atap : 3,10 m

### 2. Data Bahan :

- Kekuatan tekan beton ( $f'c$ ) : 40 MPa
- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Data Tanah : (Lampiran)

## 4.1.3 Pembebanan

### 1. Beban Gravitasi

- Beban Mati
  - Beton bertulang : 2400 kg/m<sup>2</sup>
  - Dinding pasangan bata ringan  
Hebel 60 x 20 x 10 : 65 kg/m<sup>2</sup>
  - Plafon + penggantung : 18 kg/m<sup>2</sup>
  - Tegel : 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Spesi per cm tebal : 21 kg/m<sup>2</sup>
  - Aspal : 14 kg/m<sup>2</sup>
  - Ducting + Plumbing : 30 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup
  - Lantai Atap : 96 Kg/m<sup>2</sup>
  - Lantai Hotel : 192 Kg/m<sup>2</sup>



- Lantai Basement : 192 Kg/m<sup>2</sup>

## 2. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2012

### 4.1.4 Perencanaan Balok

#### 4.1.4.1 Perencanaan Balok Induk

Penentuan tinggi balok minimum ( $h_{min}$ ) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung).

Tabel 4. 1. Tebal Minimum Balok Non-Prategang

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis ( <i>equilibrium density</i> ), $w_c$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m <sup>3</sup> , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,00. (b) Untuk $f_y$ selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$ .				

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

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

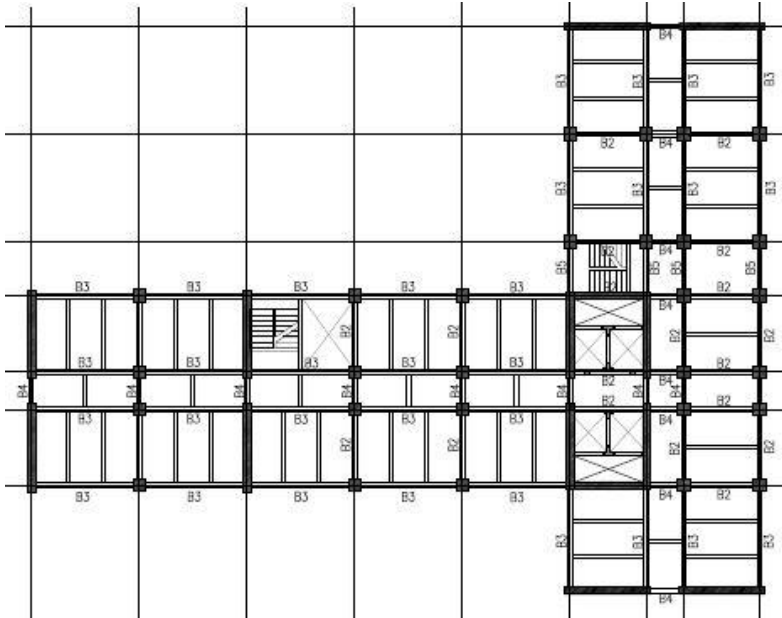
$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

L = Panjang balok (m)

h = Tinggi Balok (m)

b = Lebar Balok (m)



Gambar 4. 2. Variasi Balok Induk Pada Gedung The Conexio

Perhitungan perencanaan balok induk :

- Balok Induk (B1),  $L = 9 \text{ m}$

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{2,65}{16} = 0,17 \approx 0,2 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,2 = 0,11 \text{ m}$$

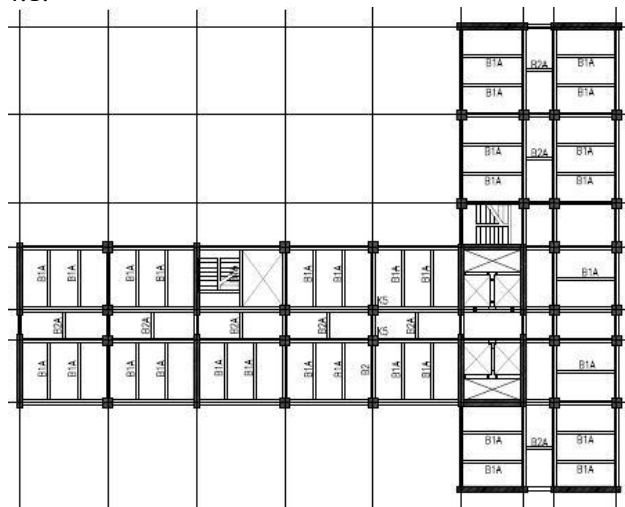
Dikarenakan bentang yang terlalu panjang, dan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan bentuk elemen yang tipikal, maka digunakan dimensi balok induk (B1) 20/35 cm. Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok induk menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.2:

Tabel 4. 2. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

<b>Balok Induk</b>					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
B1	2,65	0,110	0,17	25	35
B2	5,3	0,22	0,33	30	45
B3	7,5	0,31	0,47	40	55
B4	2,6	0,11	0,16	25	35
B5	3,75	0,16	0,23	25	40

#### 4.1.4.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak untuk mutu beton 40 Mpa dan mutu baja 400 MPa direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus, sehingga digunakan perumusan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a) yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4. 3. Variasi Balok Anak Pada Gedung The Conexio

Dimensi balok anak direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{5,3}{21} = 0,25 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,25 = 0,17 \text{ m} \approx 0,2 \text{ m}$$

Dikarenakan bentang yang terlalu panjang, dan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan bentuk elemen yang tipikal, maka digunakan dimensi balok anak (B1A) 25/40 cm. Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok anak menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.3 :

Tabel 4. 3. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak

<b>Balok Anak</b>					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
B1A	5,3	0,168	0,252	25	40
B2A	2,6	0,25	0,35	25	35

#### 4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat

Perencanaan ini menggunakan perhitungan yang dibagi dalam dua jenis yaitu :

- Pelat satu arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya lebih dari atau sama dengan 2. Pada pelat satu arah, pembebanan yang diterima akan diteruskan pada balok-balok (pemikul bagian yang lebih panjang) dan hanya sebagian kecil saja yang akan diteruskan pada gelagar pemikul bagian yang lebih pendek.
- Pelat dua arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kurang dari 2, sehingga besar pembebanan yang diterima diteruskan pada keseluruhan pemikul di sekeliling panel pelat tersebut.

Perhitungan dimensi pelat berdasarkan syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

- Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$  menggunakan pasal 9.5.3.3
- Untuk  $0,2 < \alpha_m < 2$  ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h1 = \frac{Ln \times (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} \text{ dan tidak boleh kurang dari 120 mm}$$

- Untuk  $\alpha_m \geq 2$  ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h2 = \frac{Ln \times (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

Dimana :

$L_n$  = Panjang bentang bersih

$S_n$  = Lebar bentang bersih

$F_y$  = Tegangan leleh baja

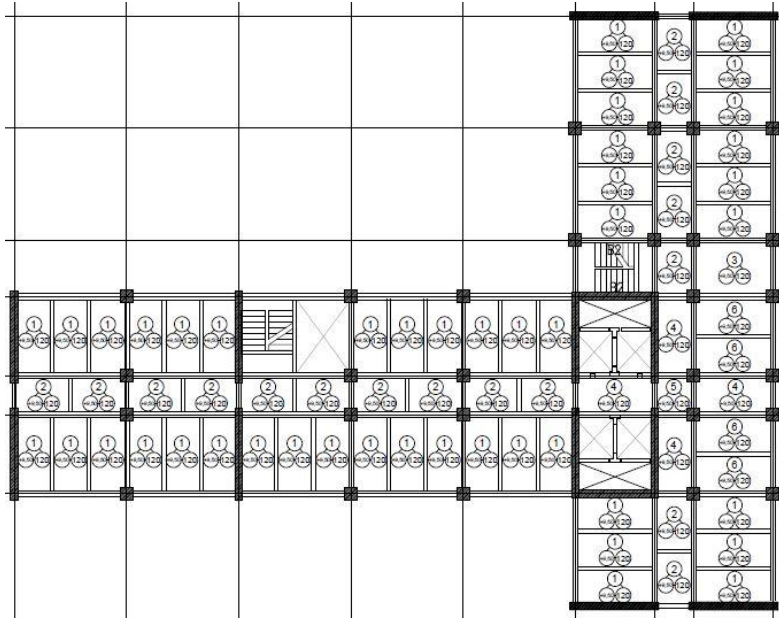
$\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

$\alpha_m$  = Nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

#### 4.1.5.1 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan pada bangunan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Rencana tebal pelat lantai dan atap : 12 cm



Gambar 4. 4. Variasi Pelat Pada Gedung The Conexio

#### 4.1.5.2 Perhitungan Tebal Pelat

Direncanakan 1 tipe pelat lantai dan pelat atap pracetak (Type 1) dengan data perencanaan sebagai berikut :

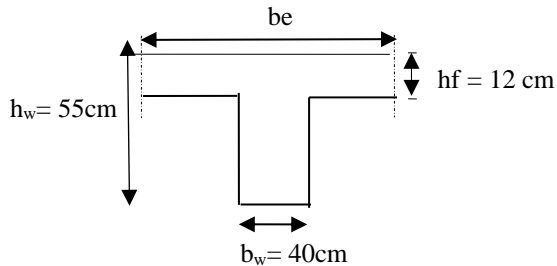
- Dimensi Pelat : 250 x 530 cm
- Tebal Pelat Rencana : 12 cm

$$L_n = 530 - \left(\frac{40+40}{2}\right) = 490 \text{ cm}$$

$$S_n = 250 - \left(\frac{25+25}{2}\right) = 225 \text{ cm}$$

$$\beta = \left(\frac{L_n}{S_n}\right) = \left(\frac{490}{225}\right) = 2,18 > 2 \text{ (Pelat 1 Arah)}$$

➤ Balok B2 :



Perhitungan lebar efektif :

$$a. \quad b_e = b_w + 2 \times (h_w - h_f)$$

$$b_e = 40 + 2 \times (55 - 12)$$

$$b_e = 126 \quad b_e = b_w + 8 \times h_f$$

$$b_e = 40 + 8 \times 12$$

$$b_e = 136$$

$$b. \quad b_e = \frac{1}{4} \times L$$

$$b_e = \frac{1}{4} \times 490$$

$$b_e = 122,5 \text{ (menentukan)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

$k$

$$= \frac{1 + \left(\frac{122,5}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{55}\right) + 4 \left(\frac{12}{55}\right)^2 + \left(\frac{122,5}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{122,5}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)}$$

$$k = 1,59$$

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

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,6 \times 40 \times 55^3$$

$$I_{balok} = 882068,51 \text{ cm}^4$$

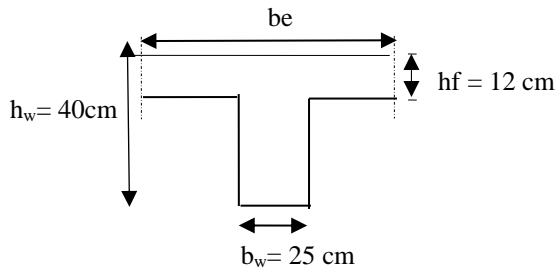
$$I_{pelat} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 250 \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 36000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{882068,51}{36000} = 24,5$$

➤ Balok B1A



Perhitungan lebar efektif :

a.  $b_e = b_w + 2 \times (h_w - h_f)$

$$b_e = 25 + 2 \times (40 - 12)$$

$$= 81$$

b.  $b_e = b_w + 8 \times h_f$

$$b_e = 25 + 8 \times 12$$

$$b_e = 121$$

c.  $b_e = 1/4 \times L$

$$b_e = 1/4 \times 225$$

$$b_e = 56,25 \text{ (menentukan)}$$



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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{57}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{57}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{57}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,97$$

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

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 2 \times 25 \times 40^3$$

$$I_{balok} = 191287,9 \text{ cm}^4$$

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

$$I_{pelat} = 530 \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 76320 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{191287,9}{76320} = 2,5$$

Jadi  $\alpha_m$  rata rata adalah

$$\alpha_m = \frac{2x(24,5 + 2,5)}{4} = 13,5$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5 ,

$$h = \frac{L_n(0,8 + fy/1400)}{36 + 9\beta}$$

$$= \frac{490(0,8 + 420/1400)}{36 + 9(2,2)}$$

$$= 9,7 \text{ cm} < 12 \text{ cm (ok)}$$

Sehingga direncanakan tebal pelat lantai dan pelat atap menggunakan tebal 12 cm.

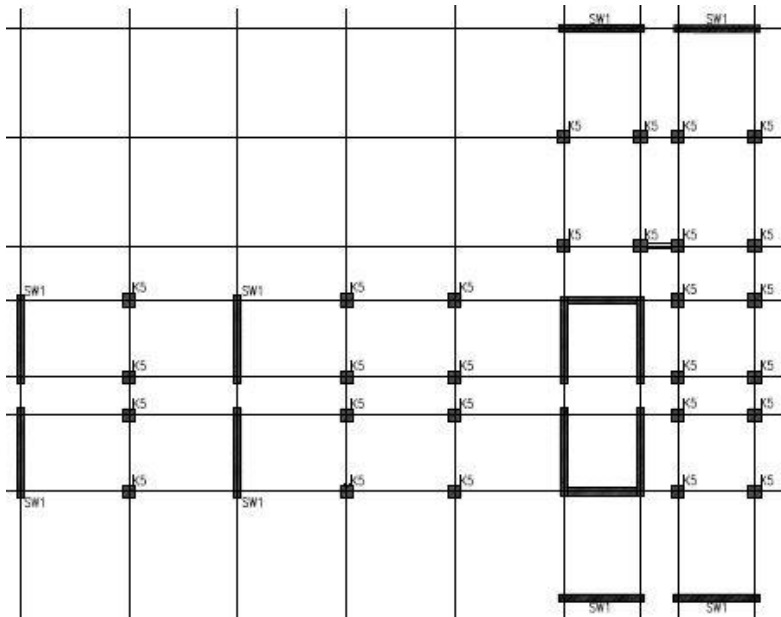
Dari cara perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi tebal pelat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 4. Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap

Tipe Pelat	Dimensi (cm)					Tipe Arah	Tebal (cm)	Tebal Perencanaan (cm)
	p (cm)	l (cm)	Ln (cm)	Sn (cm)	$\beta$			
Tipe 1	250	530	490	225	2,18	1	10	12
Tipe 2	260	375	335	235	1,43	2	8	
Tipe 3	187,5	530	500	162,5	3,08	1	9	
Tipe 4	260	530	500	235	2,13	1	10	
Tipe 5	260	260	235	235	1,00	2	6	
Tipe 6	265	530	500	235	2,13	1	8	

#### 4.1.6 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. 5. Denah Kolom

Pada Gambar 4.5, terlihat kolom yang akan direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 10,5 x 8 meter dari seperempat masing-masing luasan pelat yang di atasnya.

Direncanakan :

Tebal Pelat : 12 cm

Tinggi lantai basement : 310 cm

Tinggi tiap lantai 1-2 : 400 cm

Tinggi tiap lantai 3-atap : 330 cm

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727 : 2013 untuk beban mati dan beban hidup, yang diberikan di setiap lantai sebagai perencanaan pembebanan kolo. Untuk efisiensi dan keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Diambil satu dimensi kolom yang berbeda setiap 5 lantainya.

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4,8 dengan syarat

komponen struktur yang memiliki  $KLL \cdot AT \geq 37,16 \text{ m}^2$  dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$ATT = 3,95 \text{ m} \times 7,5 \text{ m} = 29,625 \text{ m}^2$$

$$KLL = 4$$

$$KLL \times ATT = 4 \times 29,625 \text{ m}^2 = 118,5 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

• Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$R1 = 0,6 \text{ (untuk } AT \geq 55,74 \text{ m}^2)$$

$$R2 = 1$$

$$Lr = Lo \cdot R1 \cdot R2 = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

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

• Reduksi beban hidup pelat lantai apartment

$$Lo = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 1,92 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{KLL \times AT}} \right) \geq 0,4 \times Lo$$

$$L = 1,92 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{118,5}} \right) \geq 0,4 \times Lo$$

$$L = 1,28 \text{ kN/m}^2 \geq 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Berikut adalah tabel pembebanan pada kolom yang ditinjau sebagai desain awal :

Tabel 4. 5 Beban Total yang diterima Kolom Atap-22

KOLOM LANTAI ATAP							
PELAT ATAP							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai Atap	2400	7,5	3,95	0,12	1	8532	kg
Plafon + Penggantung	18	7,5	3,95	-	1	533,25	kg
Spesi (2 cm)	42	7,5	3,95	-	1	1244,25	kg
Aspal	14	7,5	3,95	-	1	414,75	kg
Balok B1A =	2400	2,65	0,25	0,40	1	636	kg
Balok B2 =	2400	2,65	0,30	0,45	1	858,6	kg
Balok B3 =	2400	3,75	0,40	0,55	1	1980	kg
Balok B5 =	2400	1,3	0,20	0,35	1	218,4	kg
Ducting + Plumbing	30	7,5	3,95	-	1	888,75	kg
<b>WD</b>						<b>15306</b>	<b>kg</b>
Beban Hidup							
Lantai Atap	58	7,5	3,95	-	-	1718,25	Kg
<b>WL</b>						<b>1718,25</b>	<b>Kg</b>
Pelat Lantai 27-22							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	7,5	3,95	0,12	6	51192	kg
Plafon + Penggantung	18	7,5	3,95	-	6	3199,5	kg
Tegel	24	7,5	3,95	-	6	4266	kg
Spesi (2 cm)	42	7,5	3,95	-	6	7465,5	kg
Dinding Batu Bata	65	11,45	-	3,1	6	13843,05	kg
Ducting + Plumbing	30	7,5	3,95	-	6	5332,5	kg
Balok B1A =	2400	2,65	0,25	0,40	6	3816	kg
Balok B2 =	2400	2,65	0,30	0,45	6	5151,6	kg
Balok B3 =	2400	3,75	0,40	0,55	6	11880	kg
Balok B5 =	2400	1,3	0,20	0,35	6	1310,4	kg
<b>WD</b>						<b>107456,55</b>	<b>kg</b>
Beban Hidup							
Lantai Hotel	128,604308	7,5	3,95	-	6	22859,4157	kg
<b>WL</b>						<b>22859,4157</b>	<b>kg</b>
<b>WD Total</b>						<b>122762,55</b>	<b>kg</b>
<b>WL Total</b>						<b>24577,6657</b>	<b>kg</b>

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 186639,32 \text{ kg}$$

$$F_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A = \frac{186639,32}{\frac{1}{3} \times 400}$$

$$A = 1399,8 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{2875,96}$$

$$b = 38 \text{ cm}$$

$$h = 38 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk atap – lantai 22 adalah 38 /38 cm .

Tabel 4. 6 Beban yang diterima Kolom Lantai 21-1

Pelat Lantai 21-16							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	7,5	3,95	0,12	6	51192	kg
Plafon + Penggantung	18	7,5	3,95	-	6	3199,5	kg
Tegel	24	7,5	3,95	-	6	4266	kg
Spesi (2 cm)	42	7,5	3,95	-	6	7465,5	kg
Dinding Batu Bata	65	11,45	-	3,1	6	13843,05	kg
Ducting + Plumbing	30	7,5	3,95	-	6	5332,5	kg
Balok B1A =	2400	2,65	0,25	0,40	6	3816	kg
Balok B2 =	2400	2,65	0,30	0,45	6	5151,6	kg
Balok B3 =	2400	3,75	0,40	0,55	6	11880	kg
Balok B5 =	2400	1,3	0,20	0,35	6	1310,4	kg
<b>WD</b>						<b>107456,55</b>	<b>kg</b>
Beban Hidup							
Lantai Hotel	128,604308	7,5	3,95	-	6	22859,4157	kg
<b>WL</b>						<b>22859,4157</b>	<b>kg</b>
<b>WD Total</b>						<b>230219,1</b>	<b>kg</b>
<b>WL Total</b>						<b>47437,0815</b>	<b>kg</b>

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 352162,2 \text{ kg}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A = \frac{352162,2}{\frac{1}{3} \times 400}$$

$$A = 2641,22 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{2641,22}$$

$$b = 52 \text{ cm}$$

$$h = 52 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 21– lantai 16 adalah 52 / 52 cm.

Tabel 4. 7 Beban yang diterima Kolom Lantai 15-10

Pelat Lantai 15-10							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	7,5	3,95	0,12	5	42660	kg
Plafon + Penggantung	18	7,5	3,95	-	5	2666,25	kg
Tegel	24	7,5	3,95	-	5	3555	kg
Spesi (2 cm)	42	7,5	3,95	-	5	6221,25	kg
Dinding Batu Bata	65	11,45	-	3,1	5	11535,875	kg
Ducting + Plumbing	30	7,5	3,95	-	5	4443,75	kg
Balok B1A =	2400	2,65	0,25	0,40	5	3180	kg
Balok B2 =	2400	2,65	0,30	0,45	5	4293	kg
Balok B3 =	2400	3,75	0,40	0,55	5	9900	kg
Balok B5 =	2400	1,3	0,20	0,35	5	1092	kg
<b>WD</b>						<b>89547,125</b>	<b>kg</b>
Beban Hidup							
Lantai Hotel	128,604308	7,5	3,95	-	5	19049,5131	kg
<b>WL</b>						<b>19049,5131</b>	<b>kg</b>
<b>WD Total</b>						<b>319766,225</b>	<b>kg</b>
<b>WL Total</b>						<b>66486,5946</b>	<b>kg</b>

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 490098,02 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A = \frac{490098,02}{\frac{1}{3} \times 400}$$

$$A = 3675,74 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{3675,74}$$

$$b = 61 \text{ cm}$$

$$h = 61 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 15 – lantai 10 adalah 61/61 cm.

Tabel 4. 8 Beban yang diterima Kolom Lantai 9-3

Pelat Lantai 9-3							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	7,5	3,95	0,12	6	51192	kg
Plafon + Penggantung	18	7,5	3,95	-	6	3199,5	kg
Tegel	24	7,5	3,95	-	6	4266	kg
Spesi (2 cm)	42	7,5	3,95	-	6	7465,5	kg
Dinding Batu Bata	65	11,45	-	3,1	6	13843,05	kg
Ducting + Plumbing	30	7,5	3,95	-	6	5332,5	kg
Balok B1A =	2400	2,65	0,25	0,40	6	3816	kg
Balok B2 =	2400	2,65	0,30	0,45	6	5151,6	kg
Balok B3 =	2400	3,75	0,40	0,55	6	11880	kg
Balok B5 =	2400	1,3	0,20	0,35	6	1310,4	kg
<b>WD</b>						<b>107456,55</b>	<b>kg</b>
Beban Hidup							
Lantai Hotel	128,604308	7,5	3,95	-	6	22859,4157	kg
<b>WL</b>						<b>22859,4157</b>	<b>kg</b>
<b>WD Total</b>						<b>427222,775</b>	<b>kg</b>
<b>WL Total</b>						<b>89346,0103</b>	<b>kg</b>



Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 655620,95 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A = \frac{655620,95}{\frac{1}{3} \times 400}$$

$$A = 4917,16 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{4917,16}$$

$$b = 71 \text{ cm}$$

$$h = 71 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 9 – lantai 3 adalah 71/71 cm.

#### 4.1.7 Perencanaan Dinding Geser

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

- Tebal rencana dinding geser : 40 cm
  - Panjang bentang : 530 cm
  - Tinggi lantai : 310 cm
- $$30 \text{ cm} \geq H / 25 = 310 / 25 = 124 \text{ cm (OK)}$$
- $$30 \text{ cm} \geq L / 25 = 530 / 25 = 212 \text{ cm (OK)}$$

Jadi, tebal shearwall sebesar 30 cm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1.

#### 4.2 Metode Pelaksanaan

Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode

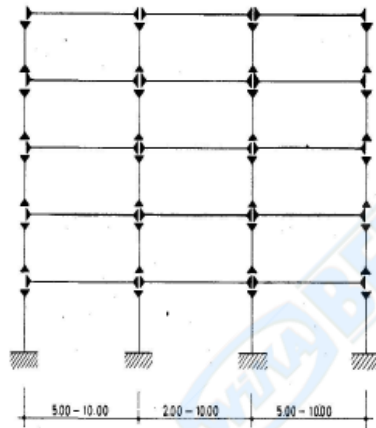
pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

#### **4.2.1 Sistem Struktur**

Berbeda dengan bangunan gedung yang proses konstruksinya menggunakan proses tradisional, bangunan yang menggunakan teknologi beton pracetak memerlukan perencanaan lebih detail, dimulai dari proses perancangan arsitektur, perancangan struktur, proses transportasi, hingga proses pelaksanaan dilapangan. System struktur yang dipakai pada kebanyakan bangunan lebih ditentukan oleh proses produksi di pabrik, proses transportasi, dan proses pelaksanaan dilapangan.

##### **4.2.1.1 Struktur Rangka dengan Sambungan Antar Kolom di Setiap Lantai**

Dalam tugas akhir ini, system struktur yang digunakan ialah sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Tujuannya ialah mempermudah pada tahap erection sehingga tidak membutuhkan alat beraat dengan kapasitas besar.



Gambar 4. 6. Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai

#### 4.2.2 Metode Erection

Proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain :

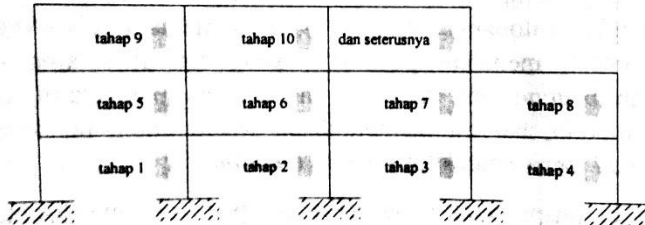
- System struktur bangunan.
- Jenis alat sambung yang digunakan.
- Kapasitas alat angkat crane yang tersedia.
- Kondisi lapangan.

Metode yang dapat digunakan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertical dan metode horizontal. Namun, dalam tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode horizontal.

##### 4.2.2.1 Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses erection yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia

waktu yang cukup untuk penerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah cor ditempat.



Gambar 4. 7. Metode erection arah horizontal

## 4.2.3 Pengangkatan dan Peralatan Erection

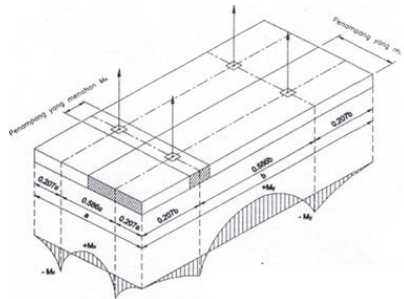
### 4.2.3.1 Pengangkatan Elemen Pracetak

Dalam perencanaan bangunan yang menggunakan metode pracetak dibutuhkan metode pengangkatan saat erection. Hal ini sangat penting dijadikan perhatian karena proses rection sangat berpengaruh dalam perencanaan menggunakan metode pracetak.

#### ➤ Pengangkatan pelat pracetak

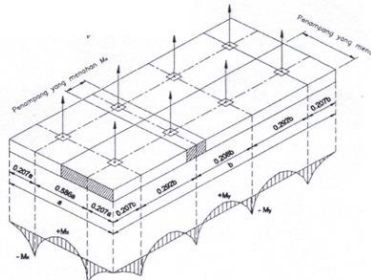
Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek.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

- Dua Titik Angkat



Gambar 4. 8. Dua Titik Angkat Pada Pelat Pracetak

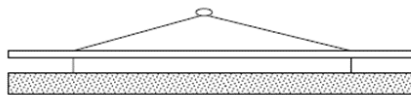
- Empat Titik Angkat



Gambar 4. 9. Empat Titik Angkat Pada Pelat Pracetak

➤ Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh

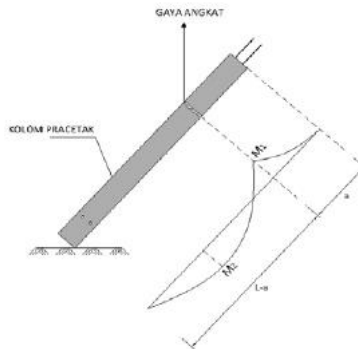


Gambar 4. 10. Pengangkatan Pada Elemen Balok

angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

#### ➤ Pengangkatan Kolom Pracetak

Kondisi yang perlu diperhatikan saat proses pengangkatan kolom pracetak adalah saat kolom pracetak dalam posisi miring, karena hal ini dapat menyebabkan momen pada bentang kolom.



Gambar 4. 11. Pengangkatan pada Elemen Kolom

#### 4.2.3.2 Peralatan Erection

Elemen struktur pracetak pada masing masing komponen diperitungkan yang paling berat, adalah sebagai berikut :

1. Balok Induk 40/55 ( $L = 7,5$  m)  
 $W = 0,4 \times (0,55 - 0,12) \times 7,5 \times 2,4 = 3,096$  ton
2. Pelat  
 Ukuran Pelat  $3,75 \times 2,65$  ( $t = 7$  cm)  
 $W = 3,75 \times 2,65 \times 0,07 \times 2,4 = 1,67$  ton
3. Kolom

Kolom terbesar yaitu kolom 95/95 cm (tinggi 5 m)

$$W = 0,95 \times 0,95 \times 2,4 \times 5 = 10,83 \text{ ton}$$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu kolom pracetak sebesar 10,83 ton. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penganagkatan 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 2 buah tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.

- Jenis Tower Crane Tipe JL8032
- Jarak jangkau maksimum yang direncanakan 50 m dengan beban maksimum 11 ton
- Tower crane yang digunakan 2 buah

#### **4.2.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak**

Sistem transportasi disini meliputi :

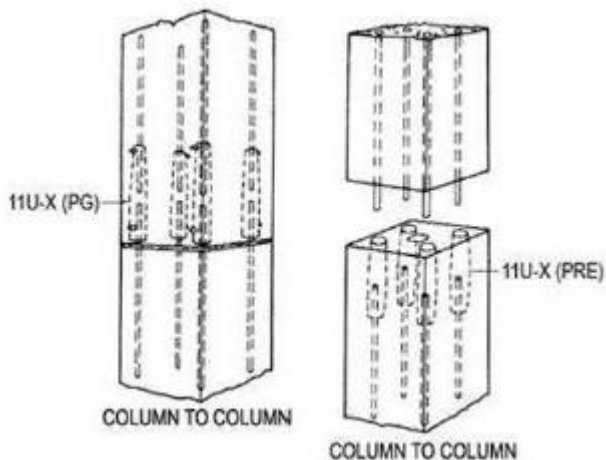
1. Pемindahan beton pracetak di area pabrik.
2. Pемindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
3. Pемindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Tahap pемindahan 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 2,7 m x 16 m atau 2,7 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton.

## 4.2.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak

### 4.2.5.1 Pemasangan Elemen Kolom Pracetak

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

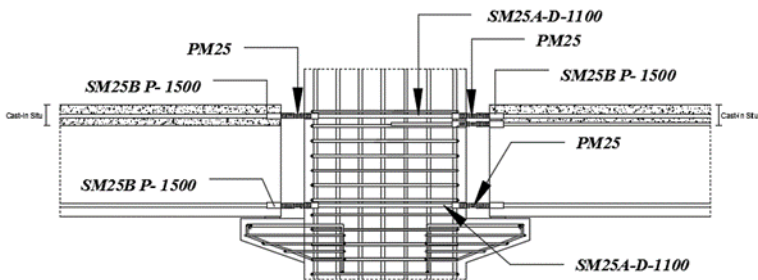


Gambar 4. 12. Pemasangan Sambungan Kolom



#### 4.2.5.2 Pemasangan Elemen Balok Induk

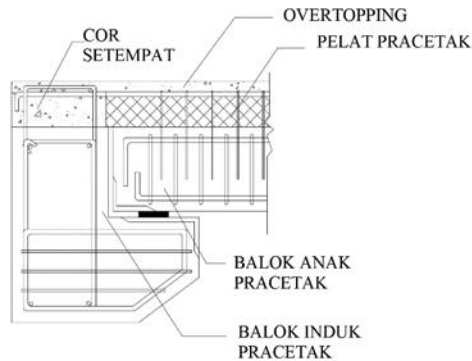
Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.



Gambar 4. 13. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom

#### 4.2.5.3 Pemasangan Elemen Balok Anak

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom. Sedangkan, tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.

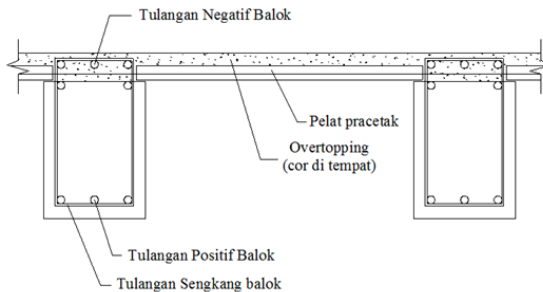


Gambar 4. 14. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Balok Anak

#### 4.2.5.4 Pemasangan Elemen Pelat

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk.



Gambar 4. 15. Pemasangan Sambungan Pelat Pracetak

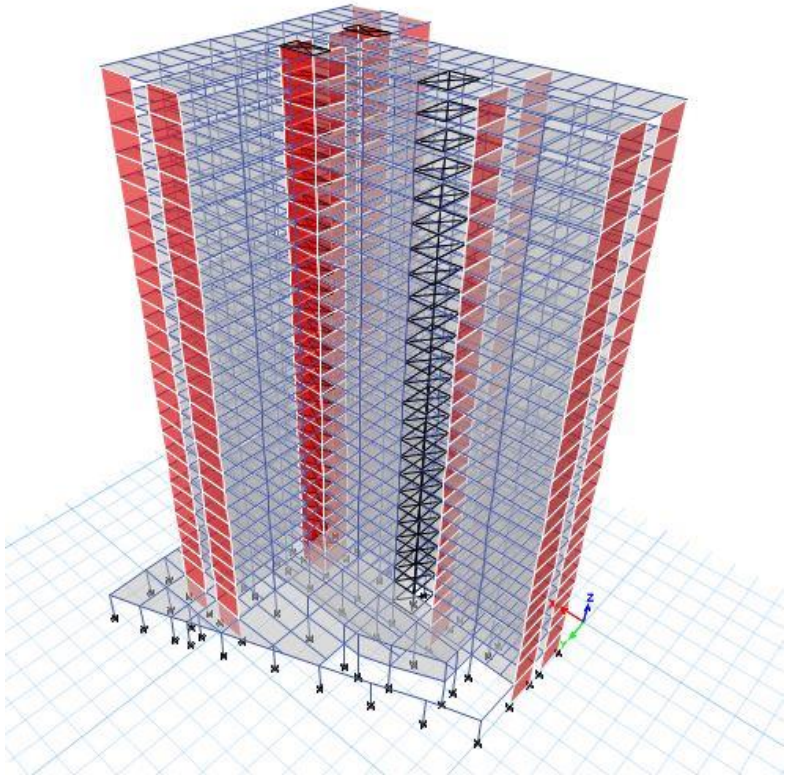
### 4.3 Pembebanan dan Analisa Struktur

#### 4.3.1 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

#### 4.3.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur Gedung Apartemen The Conexio LRT Superblock memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur Gedung Apartemen The Conexio LRT Superblock memiliki total 26 lantai dengan dua lantai basement, tinggi total gedung 85 meter.



Gambar 4. 16. Permodelan dengan ETABS

### 4.3.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Input beban sendiri:
 

Mutu beton ( $F'c$ )	: 40 Mpa
Mutu baja ( $F_y$ )	: 400 Mpa
Ketinggian lantai	:
Basement	: 3,1 m

Lt. GF	: 5 m
Lt. UG	: 4,5 m
Lt. 3 – Lt. Atap	: 3,1 m
Dimensi Balok	:
Balok induk (B1)	: 25/35
Balok induk (B2)	: 30/45
Balok induk (B3)	: 40/55
Balok induk (B4)	: 25/35
Balok induk (B5)	: 25/40
Tebal Pelat Lantai	: 12 cm
Tebal Pelat Atap	: 12 cm
Tebal Pelat Basement	: 30 cm
Dimensi Kolom	:
Lt GF	: 95/95
Lt UG	: 95/95
Lt 3 – 8	: 85/85
Lt 9 – 14	: 80/80
Lt 15 – 19	: 70/70
Lt 20 – 24	: 65/65
Lt 25 – Atap	: 55/55
Faktor keutamaan	: 1,5 (gedung sekolah)

Beban mati struktur ini dikalkulasi sendiri oleh ETABS.

- Input beban hidup:
 

Lantai	: 1,92 kN/m <sup>2</sup>
Lantai Atap	: 0,96 kN/m <sup>2</sup>
- Input beban mati tambahan (superdead):
 

Input beban mati tambahan pada pelat lantai:	
Penggantung	: 0,07 kN/m <sup>2</sup>
Plafond	: 0,11 kN/m <sup>2</sup>
Spesi (t = 2 cm)	: 0,42 kN/m <sup>2</sup>
Tegel (t = 1 cm)	: 0,24 kN/m <sup>2</sup>
Ducting & Plumbing	: <u>0,30 kN/m<sup>2</sup></u>
	1,14 kN/m <sup>2</sup>
- Input beban mati tambahan pada pelat atap:
 

Penggantung	: 0,07 kN/m <sup>2</sup>
-------------	--------------------------

Plafond	: 0,11 kN/m <sup>2</sup>
Spesi (t = 2 cm)	: 0,42 kN/m <sup>2</sup>
Aspal (t = 1 cm)	: 0,14 kN/m <sup>2</sup>
Ducting & Plumbing	: <u>0,15 kN/m<sup>2</sup></u>
	0,89 kN/m <sup>2</sup>

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 Manual (Tabel 4.9).

Tabel 4. 9 Rasio Selisih Pembebanan ETABS dan Manual

Perhitungan Manual Pembebanan Gravitasi Struktur	
DEAD	219777,954
LIVE	46966,6368
SUPERDEAD	78563,1602
Manual	345307,751
ETABS	339937,473
1,58%	

Perhitungan rasio selisih pembebanan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= W_{\text{etabs}} / W_{\text{manual}} - 1 \\ &= (345307,751 / 339937,47) - 1 \\ &= 1,58\% \leq 5\% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah benar.

#### 4.3.4 Pembebanan Gempa Dinamis

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

#### 4.3.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung tempat tinggal yaitu II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1.

#### 4.3.4.2 Kelas Situs

SNI 1726:2012 pasal 5.3 mengatur tata cara untuk menentukan klasifikasi situs. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan menentukan nilai  $N$  berdasarkan data hasil SPT. Adapun definisi parameter kelas situs yang menggunakan data SPT dapat dilihat pada SNI 1726:2012 pasal 5.4.2 persamaan (2). Berikut adalah hasil pengolahan data tanah untuk menentukan kelas situs.

Tabel 4. 10 Perhitungan Data Tanah untuk Menentukan Kelas Situs

Kedalaman	Tebal	N	Tebal/N
0			
2	2	4	0,50
4	2	4	0,50
6	2	5	0,40
8	2	5	0,40
10	2	6	0,33
12	2	6	0,33
14	2	6	0,33
16	2	35	0,06
18	2	32	0,06
20	2	25	0,08
22	2	35	0,06
24	2	59	0,03
26	2	60	0,03
28	2	56	0,04
30	2	60	0,03
32	2	60	0,033333
34	2	53	0,04
36	2	59	0,03
38	2	36	0,06
40	2	29	0,07
<b>Total</b>	<b>40</b>		<b>3,42</b>

$$\bar{N} = \frac{40}{3,42} = 11,68$$

Mengacu pada tabel 3 SNI 1726:2012, dengan nilai  $\bar{N} = 11,68$ , lokasi bangunan berada pada kelas situ SE (Tanah lunak).

#### 4.3.4.3 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain

Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respon Spektrum (MCE). Data percepatan respon spektrum diambil dari web puskim.pu.go.id.

Dari web tersebut didapatkan data pada lokasi Jakarta dengan kelas situs SE (Tanah Lunak) seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 11 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain.

PGA	0,359
SS	0,689
S1	0,299
FPGA	1,022
Fa	1,323
Fv	2,805
SMS	0,911
SM1	0,838
Sds	0,607
Sd1	0,559
To	0,184
Ts	0,92

#### 4.3.4.4 Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain

Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain Kota Bekasi dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 6.4.





Gambar 4. 17. Grafik Respon Spektrum Bekasi

#### 4.3.4.5 Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan dengan fungsi sekolah masuk ke dalam kategori resiko II dengan  $I_e = 1$ . Penentuan Kategori desain gempa sesuai dengan SNI 1726:2012, dimana,  $S_{DS} = 0,607g$  dan  $S_{D1} = 0,552g$  sehingga diketahui bahwa kategori desain seismik masuk dalam kategori D.

#### 4.3.4.6 Koefisien Modifikasi Response

Struktur Gedung Apartemen The Conexio LRT Superblock direncanakan akan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus. Untuk memperoleh (Koefisien Modifikasi Respon),  $\Omega_0^g$  (Faktor Kuat Lebih Sistem), dan  $C_d^b$  (Faktor Pembesaran Defleksi), tabel 9 pada SNI 1726-2012 akan digunakan.

Dengan kategori desain seismik D, diperoleh :

$$R^a = 7$$

$$\Omega_0^g = 2,5$$

$$C_d^b = 5,5$$

#### 4.3.4.7 Kontrol Periode Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726 2012 Ps. 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental ( $T_a$ ) harus ditentukan dari persamaan 26 pada SNI 1726-2012. Dengan parameter  $C_t$  dan  $x$  diambil dari tabel 15 SNI 1726 2012, serta  $h_n$  merupakan total tinggi bangunan.

$$T_a = C_t h_n^x = 0,0488 \times 85^{0,75} = 1,37 \text{ detik.}$$

Periode fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari tabel 4.2 SNI 1726:2012. ( $T_a < T < C_u.T_a$ ) Dan apabila melebihi diambil nilai T sebesar  $C_u.T_a$ .

Dari nilai  $S_{D1} = 0.314$ , didapatkan koefisien  $C_u = 1.4$ . Maka nilai  $C_u.T_a$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_u.T_a &= 1,4 \times 1,37 \\ &= 1,912 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai T yang didapat dari program bantu ETABS seperti pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4. 12 Modal Periode dan Frekuensi

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ
		sec			
Modal	1	3,403	0,6644	0,0188	0
Modal	2	3,358	0,0192	0,6761	0
Modal	3	3,115	0,0048	0,0008	0
Modal	4	0,917	0,0011	0,1297	0
Modal	5	0,888	0,1472	0,0021	0
Modal	6	0,808	0,0029	0,0087	0
Modal	7	0,419	0,0007	0,0516	0
Modal	8	0,396	0,0586	0,0012	0
Modal	9	0,352	0,0008	0,0059	0
Modal	10	0,241	0,0011	0,0283	0
Modal	11	0,232	0,0316	0,0012	0
Modal	12	0,199	0,0001	0,0041	0

Periode struktur terbesar yang didapat dari analisa ETABS adalah 3,403 detik, maka:

$$T > Cu.Ta$$

$$3,403 \text{ s} > 1,912 \text{ s}$$

Sehingga dapat disimpulkan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 apabila perioda fundamental struktur yang dihitung melebihi Cu.Ta, maka Cu.Ta harus digunakan sebagai pengganti dari T dan periode dapat dipakai sebesar 1,912 s.

#### 4.3.4.8 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1. Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen adalah 7.

(SNI 1726:2012 Tabel 9)

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

Dimana:

$$S_{DS} = 0,607$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$C_s = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,867$$

Dan nilai  $C_s$  tidak lebih dari:

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

Dimana:

$$S_{D1} = 0,559$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$T = 1,912$$

$$C_s = \frac{0,559}{1,912 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0418$$

Dan nilai  $C_s$  tidak kurang dari:

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

$$C_s = 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 = 0,027 \geq 0,01$$

Maka nilai  $C_s$  diambil **0,0418**

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk Gedung Apartemen The Conexio LRT Superblock sebesar 0,5 (SNI 1726:2012), sehingga didapatkan berat seismik efektif bangunan ( $W$ ) sebesar 308629 kN.

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

$$V = C_s \cdot W$$

dimana:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,0418 \\ W (1DL+1SDL+0,5LL) &= 326773 \text{ kN} \\ V &= C_s \times W \\ &= 0,0418 \times 326773 \\ &= 13644 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berikut merupakan tabel perhitungan gaya geser dasar tiap lantai ( $F_i$ ).

Tabel 4. 13 Perhitungan Gaya Geser tiap Lantai

Story	Nama Lantai	Elevasi hi (m)	t (m)	W kN	Wi x hi kNm	Proporsi	Fi kN
Story1	GF	5	5	23.092	115.460	0,83%	234,1
Story2	UG	9,5	4,5	16.518	156.918	1,12%	318,2
Story3	3	12,6	3,1	12.384	156.035	1,12%	316,4
Story4	5	15,7	3,1	12.384	194.425	1,39%	394,2
Story5	6	18,8	3,1	12.384	232.814	1,67%	472,1
Story6	7	21,9	3,1	12.384	271.204	1,94%	549,9
Story7	8	25	3,1	12.384	309.593	2,22%	627,7
Story8	9	28,1	3,1	12.212	343.154	2,46%	695,8
Story9	10	31,2	3,1	12.165	379.551	2,72%	769,6
Story10	11	34,3	3,1	12.212	418.867	3,00%	849,3
Story11	12	37,4	3,1	12.212	456.724	3,27%	926,1
Story12	14	40,5	3,1	12.212	494.581	3,54%	1.002,8
Story13	15	43,6	3,1	11.853	516.773	3,70%	1.047,8
Story14	16	46,7	3,1	11.899	555.702	3,98%	1.126,7
Story15	17	49,8	3,1	11.899	592.590	4,24%	1.201,5
Story16	18	52,9	3,1	11.899	629.478	4,50%	1.276,3
Story17	19	56	3,1	11.853	663.746	4,75%	1.345,8
Story18	20	59,1	3,1	11.759	694.944	4,97%	1.409,1
Story19	21	62,2	3,1	11.759	731.396	5,23%	1.483,0
Story20	22	65,3	3,1	11.759	767.848	5,49%	1.556,9
Story21	23	68,4	3,1	11.759	804.300	5,76%	1.630,8
Story22	24	71,5	3,1	11.759	840.753	6,02%	1.704,7
Story23	25	74,6	3,1	11.509	858.556	6,14%	1.740,8
Story24	26	77,7	3,1	11.509	894.233	6,40%	1.813,1
Story25	27	80,8	3,1	11.509	929.911	6,65%	1.885,5
Story26	ATAP	83,9	3,1	11.509	965.588	6,91%	1.957,8
<b>TOTAL</b>				326.773	13.975.144	100%	28.335,9

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya harus dikalikan 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 4.17):

Tabel 4. 14 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS

Beban	FX (kN)	FY (kN)
Gempa X	5744,99	6906,54
Gempa Y	4461,26	6084,65

$$V_s = 13644,21 \text{ kN}$$

$$V_{xt} = 6906,54 \text{ kN}$$

$$V_{yt} = 6084,65 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$6906,54 \text{ kN} > 0,85 \times 13644,21 \text{ kN}$$

$$6906,54 \text{ kN} > 11597,58 \text{ kN (Not OK)}$$

Maka untuk arah y,

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

$$6084,65 \text{ kN} > 0,85 \times 13644,21 \text{ kN}$$

$$6084,65 \text{ kN} > 11597,58 \text{ kN (Not OK)}$$

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

Arah x:

$$\frac{0,85 V}{V_{xt}} = \frac{11597,58}{6906,54} = 1,68$$

Arah y:

$$\frac{0,85 V}{V_{yt}} = \frac{11597,58}{6084,65} = 1,91$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah sesuai Tabel 4.18.

Tabel 4. 15 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah *Scale Factor*

Beban	FX (kN)	FY (kN)
Gempa X	9.647,10	11.597,60
Gempa Y	8.503,35	11.597,61

$$V_s = 13644,21 \text{ kN}$$

$$V_{xt} = 11597,6 \text{ kN}$$

$$V_{yt} = 11597,61 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$11597,6 \text{ kN} > 0,85 \times 13644,21 \text{ kN}$$

$$11597,6 \text{ kN} > 11597,58 \text{ kN (OK)}$$

Maka untuk arah y,

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

$$11597,61 \text{ kN} > 0,85 \times 13644,21 \text{ kN}$$

$$11597,61 \text{ kN} > 11597,58 \text{ kN (OK)}$$

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

#### 4.3.4.9 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang-kurangnya adalah 90% (Tabel 4.16)

Tabel 4. 16 Jumlah Partisipasi Massa Dalam Menghasilkan Respon

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec						
Modal	1	3,403	0,6644	0,0188	0	0,6644	0,0188	0
Modal	2	3,358	0,0192	0,6761	0	0,6836	0,6949	0
Modal	3	3,115	0,0048	0,0008	0	0,6884	0,6956	0
Modal	4	0,917	0,0011	0,1297	0	0,6895	0,8254	0
Modal	5	0,888	0,1472	0,0021	0	0,8367	0,8274	0
Modal	6	0,808	0,0029	0,0087	0	0,8396	0,8361	0
Modal	7	0,419	0,0007	0,0516	0	0,8404	0,8877	0
Modal	8	0,396	0,0586	0,0012	0	0,8989	0,8889	0
Modal	9	0,352	0,0008	0,0059	0	0,8997	0,8948	0
Modal	10	0,241	0,0011	0,0283	0	0,9008	0,9231	0
Modal	11	0,232	0,0316	0,0012	0	0,9324	0,9243	0
Modal	12	0,199	0,0001	0,0041	0	0,9325	0,9283	0

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y pada mode 10, maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

#### 4.3.4.10 Kontrol Drift

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

Tabel 4. 17 Batas Simpangan Gedung

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

<sup>a</sup>  $h_{xx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.



Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan di atas.

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= 0.02 \times h_{sx} \\ &= 0.02 \times 5000 = 100 \text{ mm (Lantai atap-Lantai 3)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= 0.02 \times h_{sx} \\ &= 0.02 \times 4500 = 90 \text{ mm (Lantai UG)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= 0.02 \times h_{sx} \\ &= 0.02 \times 3100 = 62 \text{ mm (Lantai GF)}\end{aligned}$$

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

$\delta_i = \text{Drift} \times C_d / I_e$  ; dengan  $C_d = 5.5$  dan  $I_e = 1,5$  (SNI 1726:2012, tabel 9) sehingga factor pembesaran drift adalah sebagai berikut.

$$\delta_i = \text{Drift} \times \frac{5,5}{1} = \text{Drift} \times 5,5$$

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan  $\delta_i$  sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada Tabel 4.13 dan Tabel 4.14.

Tabel 4. 18 Kontrol Drift Arah X

Story	Tinggi Lantai (m)	Displacement X (mm)	$\delta x$ (mm)	Pembesaran $\delta x$ (mm)	$\delta$ ijin (mm)	KET
Atap	3,1	175,82	6,02	<b>33,12</b>	<b>62</b>	OK
27	3,1	169,80	6,17	<b>33,94</b>	<b>62</b>	OK
26	3,1	163,63	6,29	<b>34,58</b>	<b>62</b>	OK
25	3,1	157,34	6,43	<b>35,38</b>	<b>62</b>	OK
24	3,1	150,91	6,55	<b>36,05</b>	<b>62</b>	OK
23	3,1	144,35	6,71	<b>36,88</b>	<b>62</b>	OK
22	3,1	137,65	6,85	<b>37,66</b>	<b>62</b>	OK
21	3,1	130,80	6,98	<b>38,40</b>	<b>62</b>	OK
20	3,1	123,82	7,11	<b>39,13</b>	<b>62</b>	OK
19	3,1	116,70	7,22	<b>39,73</b>	<b>62</b>	OK
18	3,1	109,48	7,34	<b>40,35</b>	<b>62</b>	OK
17	3,1	102,14	7,43	<b>40,87</b>	<b>62</b>	OK
16	3,1	94,71	7,51	<b>41,32</b>	<b>62</b>	OK
15	3,1	87,20	7,58	<b>41,71</b>	<b>62</b>	OK
14	3,1	79,62	7,61	<b>41,86</b>	<b>62</b>	OK
12	3,1	72,01	7,63	<b>41,95</b>	<b>62</b>	OK
11	3,1	64,38	7,60	<b>41,80</b>	<b>62</b>	OK
10	3,1	56,78	7,55	<b>41,50</b>	<b>62</b>	OK
9	3,1	49,23	7,42	<b>40,80</b>	<b>62</b>	OK
8	3,1	41,81	7,22	<b>39,69</b>	<b>62</b>	OK
7	3,1	34,60	6,95	<b>38,20</b>	<b>62</b>	OK
6	3,1	27,65	6,57	<b>36,11</b>	<b>62</b>	OK
5	3,1	21,09	6,07	<b>33,36</b>	<b>62</b>	OK
3	3,1	15,02	5,40	<b>29,68</b>	<b>62</b>	OK
UG	4,5	9,63	6,25	<b>34,36</b>	<b>90</b>	OK
GF	5	3,38	3,38	<b>18,58</b>	<b>100</b>	OK

Tabel 4. 19 Kontrol Drift Arah Y

Story	Tinggi Lantai (m)	Displacement X (mm)	$\delta x$ (mm)	Pembesaran $\delta x$ (mm)	$\delta$ ijin (mm)	KET
Atap	3,1	191,47	6,69	<b>36,81</b>	<b>62,00</b>	OK
27	3,1	184,77	6,79	<b>37,32</b>	<b>62,00</b>	OK
26	3,1	177,99	6,91	<b>37,99</b>	<b>62,00</b>	OK
25	3,1	171,08	7,07	<b>38,86</b>	<b>62,00</b>	OK
24	3,1	164,01	7,23	<b>39,76</b>	<b>62,00</b>	OK
23	3,1	156,78	7,41	<b>40,78</b>	<b>62,00</b>	OK
22	3,1	149,37	7,60	<b>41,78</b>	<b>62,00</b>	OK
21	3,1	141,77	7,57	<b>41,61</b>	<b>62,00</b>	OK
20	3,1	134,21	6,92	<b>38,08</b>	<b>62,00</b>	OK
19	3,1	127,28	7,12	<b>39,18</b>	<b>62,00</b>	OK
18	3,1	120,16	7,33	<b>40,32</b>	<b>62,00</b>	OK
17	3,1	112,83	7,53	<b>41,42</b>	<b>62,00</b>	OK
16	3,1	105,30	7,72	<b>42,44</b>	<b>62,00</b>	OK
15	3,1	97,58	7,90	<b>43,44</b>	<b>62,00</b>	OK
14	3,1	89,68	8,03	<b>44,19</b>	<b>62,00</b>	OK
12	3,1	81,65	8,16	<b>44,89</b>	<b>62,00</b>	OK
11	3,1	73,49	8,25	<b>45,38</b>	<b>62,00</b>	OK
10	3,1	65,24	8,29	<b>45,57</b>	<b>62,00</b>	OK
9	3,1	56,95	8,26	<b>45,41</b>	<b>62,00</b>	OK
8	3,1	48,70	8,13	<b>44,73</b>	<b>62,00</b>	OK
7	3,1	40,56	7,92	<b>43,54</b>	<b>62,00</b>	OK
6	3,1	32,65	7,57	<b>41,61</b>	<b>62,00</b>	OK
5	3,1	25,08	7,06	<b>38,82</b>	<b>62,00</b>	OK
3	3,1	18,02	6,35	<b>34,93</b>	<b>62,00</b>	OK
UG	4,5	11,67	7,40	<b>40,70</b>	<b>90,00</b>	OK
GF	5	4,27	4,27	<b>23,51</b>	<b>100,00</b>	OK

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

#### 4.3.4.11 Kontrol Dual System

Persyaratan sistem ganda mengacu pada (SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1). Sistem ganda dengan rangka pemikul momen (SRPM) harus memikul paling sedikit 25% dari gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh rangka pemikul momen dan dinding geser. Berikut merupakan *joint reaction* yang diperoleh menggunakan program bantu ETABS.

Tabel 4. 20 Reaksi Perletakan Untuk Gempa X dan Y

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	Fx (kNm)	%	Fy (kNm)	%
Shear Wall	6394,846	66,29%	8121,438	70,02%
SRPM	3252,256	33,71%	3476,168	29,98%
Total	9647,102	100%	11597,61	100%

### 4.4 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.4.1 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. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

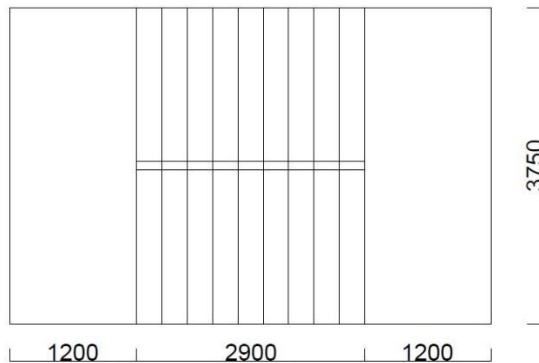
#### 4.4.2 Perencanaan Tangga

##### 4.4.2.1 Data – Data Perencanaan Tangga

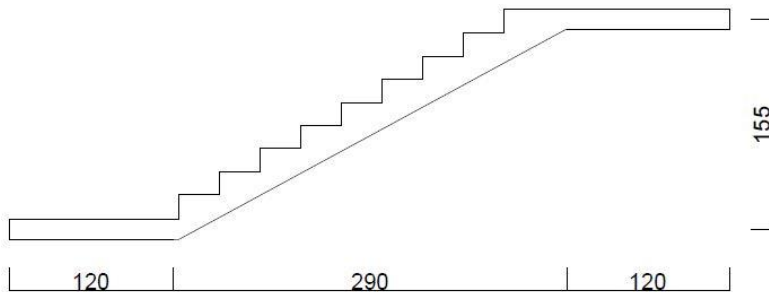
- Tinggi : 310 cm
- Tinggi Injakan (t) : 17 cm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Lebar Tangga : 187,5 cm
- Tebal Pelat Tangga : 15 cm

- Jumlah Tanjakan : 10 buah
- Jumlah Injakan : 10-1 = 9 buah
- Elevasi Bordes : 155 cm
- Panjang Bordes : 375 cm
- Lebar Bordes : 120 cm
- Tebal Bordes : 15 cm
- Panjang Horizontal Tangga : 290 cm
- Kemiringan Tangga :  $\text{arc tan } \alpha \frac{155}{290} = 28,12^\circ$
- Tebal Pelat rata-rata : Tebal Pelat tangga + tr

Denah dan potongan tangga yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar 4.9 dan gambar 4.10.



Gambar 4. 18. Denah Tangga



Gambar 4. 19. Potongan Tangga

**Cek Syarat**

- $60 \leq (2t+i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65$   
 $60 \leq 64 \leq 65$  (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $25^\circ \leq 28,12^\circ \leq 40^\circ$  (OK)
- Tebal Pelat anak tangga rata-rata  
 $\frac{i}{2} x \sin \alpha = 7,1$
- Tebal Pelat rata-rata  
 $Tr = 15 + 7,1 \approx 22,1$  cm

**4.4.2.2 Pembebanan Tangga dan Bordes****a. Pembebanan Tangga**• **Beban Mati**

Pelat tangga	: $0,17 \times 0,3 \times 2400 \times 1,875 \times 0,5 \times 9$	
	: 1032,75 kg	
Tegel	: $24 \times 1,875 \times 0,3 \times 9$	= 121,5 kg
Spesi 2 cm	: $21 \times 1,875 \times 0,3 \times 9$	= 106,3125 kg
Sandaran / railing	: $50 \times 3,29$	= 164,5 kg
Total Beban	: 1425,0625 kg	
Luas Plat Tangga	: $1,875 \times 3,29$	= $6,17 \text{ m}^2$
qd	: $230,97 \text{ kg/m}^2$	

- **Beban hidup**

ql : 479 kg/m<sup>2</sup>

**b. Pembebanan Bordes**

- **Beban Mati**

Pelat bordes : 0,15 x 2400 = 350 kg/m<sup>2</sup>

Spesi 2 cm : 21 kg/m<sup>2</sup>

Tegel : 24 kg/m<sup>2</sup>

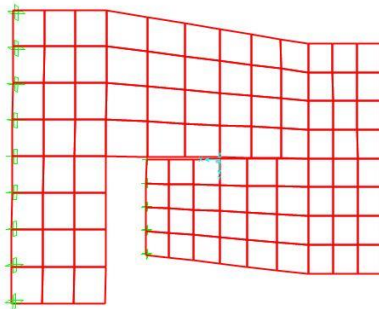
qd : 395 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Hidup**

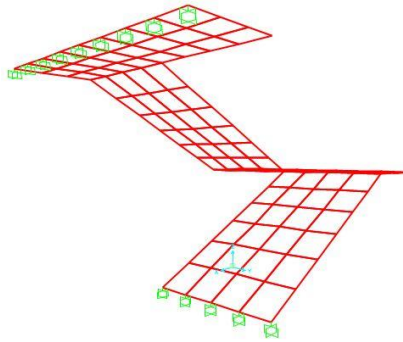
ql : 479 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.4.2.3 Permodelan dan Hasil Output SAP 2000

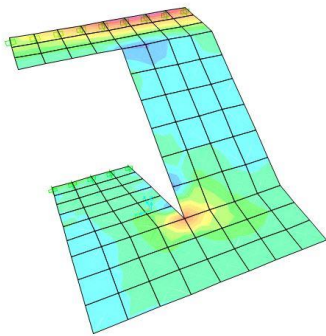
Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan jepit, dengan pembebanan tangga dan output seperti pada gambar 4.11.



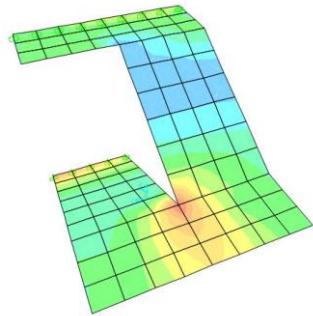
Gambar 4. 20. Permodelan Struktur Tangga



Gambar 4. 21. Tampak 3D Tangga dan Perletakan

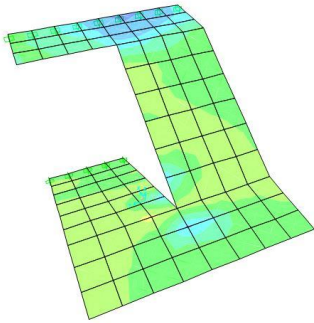


Gambar 4. 22. Hasil Momen  
M11

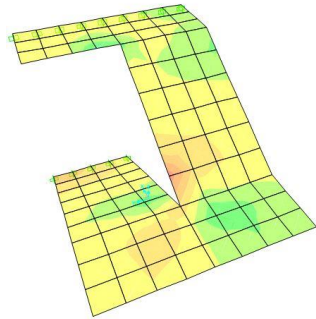


Gambar 4. 23. Hasil Momen  
M22





Gambar 4. 24. Hasil Geser  
V13



Gambar 4. 25. Hasil Geser  
V23

#### 4.4.2.4 Perhitungan Tulangan Tangga

##### a. Anak Tangga :

##### ➤ Data Perencanaan Penulangan Tangga

- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- Tulangan (D) : D 13
- dx :  $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$   
:  $150 - 20 - (13/2)$   
: 123,5 mm
- $\rho_{\min}$  : 0,0018 (SNI 2847:2013 psl. 7.12.2.1)
- $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7}$   
:  $0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$   
: 0,764
- m :  $\frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$

##### ➤ Penulangan Longitudinal M11 (Down)

$$Mu = 4586,96 \text{ kgm} = 44982,71 \text{ Nm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{44982,71 \times 1000}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 3,28 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 12,353 x 3,28}{420}} \right) \\ &= 0,00823 \text{ (dipakai)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho x b x d \\ &= 0,00823 x 1000 x 123,5 \\ &= 1016,41 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As (D13)} &= \frac{1}{4} x \pi x D^2 \\ &= \frac{1}{4} x \pi x 13^2 \\ &= 132,73 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D13)}} \\ &= \frac{1016,41 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2} \\ &\approx 8 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$S = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D 13 - 125 mm**

$$\begin{aligned}\text{As Pakai} &= n \text{ pakai} x \text{As (D 13)} \\ &= 8 x 132,73 \\ &= 1061,84 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\text{As pakai}}{b x dx} \\ &= \frac{1061,84}{1000 x 123,5} = 0,00859 > 0,00823 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

$$a = \frac{0,85 x b x fc'}{\text{As} x fy}$$

$$a = \frac{1061,84 x 420}{0,85 x 1000 x 40} = 13,12 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta 1}$$

$$c = \frac{13,12}{0,764} = 17,17 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\varepsilon_t = \frac{123,5 - 17,17}{17,17} \times 0,003 = 0,0186 > 0,005 \text{ (ok)}$$

Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.

➤ **Penulangan Longitudinal M22 (Down)**

$$Mu = 5305,58 \text{ kgm} = 52029,97 \text{ Nm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2} = \frac{52029,97 \times 1000}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 3,79 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 3,79}{420}} \right)$$

$$= 0,0096 \text{ (dipakai)}$$

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

$$= 0,0096 \times 1000 \times 123,5$$

$$= 1185,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D13)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

$$= 132,73 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D13)}}$$

$$= \frac{1185,6 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2}$$

$$\approx 9 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{9} = 111,11 \text{ mm}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D 13 - 110 mm**

$$\text{As Pakai} = n \text{ pakai} \times \text{As (D 13)}$$

$$= 9 \times 132,73$$

$$= 1194,57 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_{spakai}}{b \times d_x}$$

$$\rho = \frac{1194,57}{1000 \times 123,5} = 0,00967 > 0,0096 \text{ (OK)}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'}$$

$$a = \frac{1194,57 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 14,76 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\beta_1 a}{0,764}$$

$$c = \frac{14,76}{0,764} = 19,314 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{123,5 - 19,314}{19,314} \times 0,003 = 0,0162 > 0,005 \text{ (ok)}$$

Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.

➤ **Penulangan Longitudinal M11 (Up)**

$$M_u = 2526,78 \text{ kgm} = 24779,24 \text{ Nm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{24779,24 \times 1000}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 1,81 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,81}{420}} \right)$$

$$= 0,00443 \text{ (dipakai)}$$

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

$$= 0,00443 \times 1000 \times 123,5$$

$$= 547,11 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ (D13)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

$$= 132,73 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D13)}} \\ &= \frac{547,11 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2} \\ &\approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

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

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D13 - 200 mm**

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= n \text{ pakai} \times \text{As (D 13)} \\ &= 5 \times 132,73 \\ &= 663,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\text{As pakai}}{b \times dx} \\ \rho &= \frac{663,65}{1000 \times 123,5} = 0,0054 > 0,00443 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} \\ a &= \frac{547,11 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 6,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ c &= \frac{6,76}{0,764} = 8,85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= \frac{d - c}{c} \times 0,003 \\ \varepsilon_t &= \frac{123,5 - 8,85}{8,85} \times 0,003 = 0,0389 > 0,005 \text{ (ok)} \end{aligned}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

➤ **Penulangan Longitudinal M22 (Up)**

$$\text{Mu} = 2305,32 \text{ kgm} = 22607,46 \text{ Nm}$$

$$\text{Rn} = \frac{Mn}{\phi b d^2} = \frac{22607,46 \times 1000}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 1,65 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,65}{420}} \right)$$

$$= 0,00403 \text{ (dipakai)}$$

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

$$= 0,00403 \times 1000 \times 123,5$$

$$= 497,56 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D13)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

$$= 132,73 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D13)}}$$

$$= \frac{497,56 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2}$$

$$\approx 4 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D13 - 250 mm**

$$\text{As Pakai} = n \text{ pakai} \times \text{As (D 13)}$$

$$= 4 \times 132,73$$

$$= 530,92 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_{spakai}}{b \times dx}$$

$$\rho = \frac{530,92}{1000 \times 123,5} = 0,0043 > 0,00403 \text{ (OK)}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times b \times fc'}$$

$$a = \frac{530,92 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 6,56 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{6,56}{0,764} = 8,59 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\varepsilon_t = \frac{123,5 - 8,59}{8,59} \times 0,003 = 0,04 > 0,005 \text{ (ok)}$$

Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.

➤ **Penulangan Transversal V13 (Down)**

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 1875 \times 123,5 = 248970,07 \text{ N}$$

$$V_u = 102511,07 \text{ N}$$

$$102511,07 \text{ N} < 248970,07 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Transversal V23 (Down)**

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 1875 \times 123,5 = 248970,07 \text{ N}$$

$$V_u = 98677,74 \text{ N}$$

$$98677,74 \text{ N} < 248970,07 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Transversal V13 (Up)**

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 1875 \times 123,5 = 248970,07 \text{ N}$$

$$V_u = 102511,07 \text{ N}$$

$$102511,07 \text{ N} < 248970,07 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Transversal V23 (Up)**

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 1875 \times 123,5 = 248970,07 \text{ N}$$

$$V_u = 73717,66 \text{ N}$$

$$73717,66 \text{ N} < 248970,07 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Susut**

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

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

$$= 0,0018 \times 1000 \times 123,5$$

$$= 222,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\phi 10) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,57 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (\phi 10)}$$

$$= \frac{222,3 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2}$$

$$= 3$$

$$S = \frac{1000}{3}$$

$$= 333,33 \text{ mm}$$

**Digunakan Tulangan susut  $\phi$  10-300 mm**

**b. Bordes**

➤ **Data Perencanaan Penulangan Bordes**

-  $f_c'$  : 40 Mpa

-  $f_y$  : 420 Mpa

- Tulangan (D) : D 13

- dx :  $t_{\text{bordres}} - \text{cover} - (D/2)$

$$: 150 - 20 - (13/2)$$

$$: 123,5 \text{ mm}$$

-  $\rho_{\min}$  : 0,0018 (SNI 2847:2013 psl. 7.12.2.1)

-  $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7}$

$$: 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$$

$$: 0,764$$

- m :  $\frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$



➤ **Penulangan Longitudinal M11 (Up)**

$$Mu = 604,64 \text{ kgm} = 5929,49 \text{ Nm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2} = \frac{5929,49 \times 1000}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 0,432 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,432}{420}} \right) \\ &= 0,0011 \text{ (dipakai} = 0,0018) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 123,5 \\ &= 222,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D13)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\ &= 132,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D13)}} \\ &= \frac{222,3 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$S = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Pada SNI 2847:2013 pasal 7.6.5, harus berspasi tidak lebih jauh dari tiga kali tebal dinding atau slab, ataupun tidak lebih jauh dari 450 mm.

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D 13-450 mm**

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= n \text{ pakai} \times \text{As (D 13)} \\ &= 2 \times 132,73 \\ &= 265,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_{spakai}}{b \times dx} \\ \rho &= \frac{265,46}{1000 \times 123,5} = 0,00215 > 0,0018 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times b \times fc'}$$

$$a = \frac{265,46 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 3,28 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{3,28}{0,764} = 4,292 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{123,5 - 4,292}{4,292} \times 0,003 = 0,0833 > 0,005 \text{ (ok)}$$

Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.

➤ **Penulangan Longitudinal M22 (Up)**

$$Mu = 1648,02 \text{ kgm} = 16161,55 \text{ Nm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2} = \frac{16161,55 \times 1000}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 1,18 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,18}{420}} \right)$$

$$= 0,00286$$

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

$$= 0,00286 \times 1000 \times 123,5$$

$$= 352,91 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D 13)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

$$= 132,73 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D13)}}$$

$$= \frac{352,91 \text{ mm}^2}{132,73 \text{ mm}^2}$$

$$S \approx 3 \text{ buah} \\ = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D13-300 mm**

$$\text{As Pakai} = n \text{ pakai} \times \text{As} (D13) \\ = 3 \times 132,73 \\ = 398,19 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_{spakai}}{b \times d_x} \\ \rho = \frac{398,19}{1000 \times 123,5} = 0,00322 > 0,00286 (OK)$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} \\ a = \frac{398,19 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 4,92 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} \\ c = \frac{4,92}{0,764} = 6,44 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003 \\ \epsilon_t = \frac{123,5 - 6,44}{6,44} \times 0,003 = 0,055 > 0,005 (ok)$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

➤ **Penulangan Transversal V13 (Up)**

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 3,75 \times 123,5 = 497940,2 \text{ N}$$

$$V_u = 74299,5 \text{ N}$$

$$74299,5 \text{ N} < 497940,2 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Transversal V23 (Up)**

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 3,75 \times 123,5 = 497940,2 \text{ N}$$

$$V_u = 30329,12 \text{ N}$$

$$30329,12 \text{ N} < 497940,2 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Susut**

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

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

$$= 0,0018 \times 1000 \times 123,5$$

$$= 222,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\phi 10) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,57 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (\phi 10)}$$

$$= \frac{222,3 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2}$$

$$= 3$$

$$S = \frac{1000}{3}$$

$$= 333,33 \text{ mm}$$

**Digunakan Tulangan susut  $\phi$  10-300 mm**

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga:

Tabel 4. 21. Rekapitulasi Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Longitudinal (11)	Longitudinal (22)	Susut
Plat Tangga Up	D13-200	D13-250	$\phi$ 10-300
Plat Tangga Down	D13-125	D13-110	$\phi$ 10-300
Plat bordes	D13-450	D13-300	$\phi$ 10-300

#### 4.4.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap

Perencanaan pelat pada tugas akhir ini, terdapat dua jenis pelat, yaitu pelat lantai dan pelat atap. Direncanakan pelat menggunakan half slab, karena untuk mengefisiensi kinerja saat pabrikan, maka pelat atap direncanakan sama dengan pelat lantai. Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 12 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 7 cm dan pelat cor setempat / overtopping 5 cm. Pada Perencanaan ini, pelat akan dibagi dalam beberapa segmen untuk mempermudah proses instalasi. Pelat terdiri dari 6 tipe pelat, dan tiap tipe pelat dibagi lagi dalam beberapa segmen. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013). Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu:

1. 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 segmen yang mana masing-masing ukuran segmen pelat adalah 2,35 x 2,65 m. Pengangkatan ke storage direncanakan dilakukan pada hari ketiga dengan perkiraan nilai kekuatan sebesar  $0,5 f_c' = 20$  Mpa. Sedangkan, pengangkatan ke gedung direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan perkiraan nilai kekuatan beton sebesar  $0,75 f_c' = 30$  Mpa.

2. Sebelum Komposit, keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban, perletakkan pelat pada kondisi diasumsikan sebagai perletakkan bebas. Pada keadaan sebelum komposit direncanakan pada hari ke 10 dengan perkiraan nilai kekuatan beton sebesar  $0,8f_c' = 32$  Mpa.
3. Sesudah komposit, keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakkan pelat dianggap sebagai perletakkan terjepit elastis. Pada keadaan setelah komposit perkiraan nilai kekuatan beton sudah mencapai sebesar  $1f_c' = 40$  Mpa.

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.

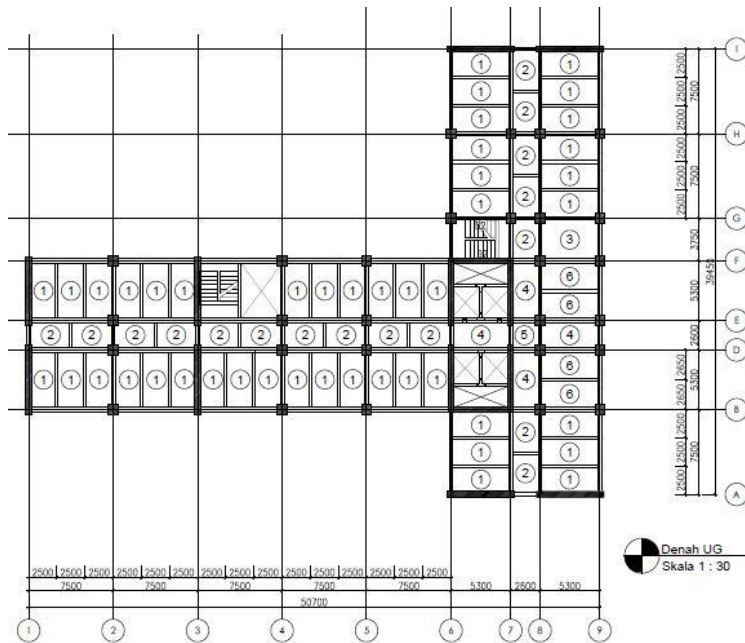
Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada 3 keadaan yang direncanakan. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak. Pada laporan ini, akan diberikan contoh perhitungan pelat tipe 1, dan pada saat pengangkatan digunakan pelat segmen . Berikut merupakan contoh perhitungan pelat tipe 1.

#### 4.4.3.1 Data Perencanaan Pelat

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

- Tebal Pelat Full Slab : 12 cm
- Tebal Pelat Half Slab : 7 cm
- Mutu Beton : 40 Mpa

- Mutu Baja : 420 Mpa
- Tebal Selimut : 20 mm
- Diameter Tulangan ( $D$ ) : 13 mm
- Panjang Pelat : 5,3 m
- Lebar Pelat : 2,5 m
- $L_n$  : 4,9 m
- $S_n$  : 2,3 m
- $\beta$  :  $\frac{4,9}{2,3} = 2,13 > 2$  (pelat 1 Arah)



Gambar 4. 26. Pelat Lantai

#### 4.4.3.2 Pembebanan Pelat

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

➤ Setelah Komposit

• Beban Mati

Pelat lantai	= 0,12 x 2400 = 288 kg/m <sup>2</sup>
Plafon + penggantung	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Tegel	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (2 cm)	= 42 kg/m <sup>2</sup>
Ducting + Plumbing	= 30 kg/m <sup>2</sup>
qd	= ∑ beban mati = 402 kg/m <sup>2</sup>

• Beban Hidup

Beban hotel	= 192 kg/m <sup>2</sup>
ql	= ∑ beban hotel = 192 kg/m <sup>2</sup>

• Kombinasi Beban

q	= 1,2 D + 1,6 L
q	= 1,2 x 402 + 1,6 x 192
q	= 789,6 kg/m <sup>2</sup>

➤ Sebelum Komposit

• Beban Mati

Pelat Lantai	= 0,07 x 2400 = 168 kg/m <sup>2</sup>
Overtopping	= 0,05 x 2400 = 120 kg/m <sup>2</sup>
qd	= 168 + 120 = 288 kg/m <sup>2</sup>

• Beban Hidup

Beban hotel	= 0 kg/m <sup>2</sup>
ql	= 0 kg/m <sup>2</sup>

• Kombinasi Beban

q	= 1,4 D
q	= 1,4 . 288 kg/m <sup>2</sup>
q	= 403,2 kg/m <sup>2</sup>



#### 4.4.3.3 Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan pelat terdiri dari berbagai tipe yaitu tipe pelat 1,2,3,4,5 dan 6. Selanjutnya akan ditampilkan contoh perhitungan penulangan pada pelat tipe 1 dengan dimensi total adalah 9 x 4 m. perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan setelah komposit dan sebelum komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan paling kritis diantara kedua keadaan tersebut. Berikut ini merupakan contoh penulangan pada pelat tipe 1.

##### ➤ Setelah Komposit

Untuk beton  $f_c' = 40$  Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3:

$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0,5 \times D$$

$$dx = 120 - 20 - 0,5 \times 13$$

$$dx = 93,5 \text{ mm}$$

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

$$dy = 120 - 20 - 13 - 13$$

$$dy = 74 \text{ mm}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40}$$

$$m = 12,35$$

$$\rho_{\min} = 0,0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

- Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan

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

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

$$M = \frac{1}{8} x 789,6 x 2,3^2$$

$$M = 522,12 \text{ kgm}$$

• **Penulangan Arah X**

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

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

$$Rn = \frac{522,12 x 10000}{0,9 x 1000 x 93,5^2}$$

$$Rn = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{12,35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 12,35 x 0,66}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,0015 < \rho \text{ min} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho x b x dx \\ &= 0,0018 x 1000 x 93,5 \\ &= 168,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D13)} &= \frac{1}{4} x \pi x D^2 \\ &= \frac{1}{4} x \pi x 13^2 \\ &= 132,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D13)}} \\ &= \frac{168,3}{132,76} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 500 \text{ mm} \\
 S_{\max} &= 360 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 \text{As pakai} &= n \times \text{As (D13)} \\
 &= 2 \times 132,76 \\
 &= 265,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah 2D13 – 360 mm

#### • Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\min} = 0,0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 74 \\
 &= 133 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D13)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\
 &= 132,79 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D13)}} \\
 &= \frac{133}{132,79} \\
 &\approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 360 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 \text{As pakai} &= n \times \text{As (D13)} \\
 &= 2 \times 132,79 \\
 &= 265,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan susu arah y D13-360 mm

#### ➤ Sebelum Komposit

Untuk beton  $0,8 f_c' = 32$  (umur 10 hari) Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0,5 \times D$$

$$dx = 70 - 20 - 0,5 \times 13$$

$$dx = 43,5 \text{ mm}$$

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

$$dy = 70 - 20 - 13 - 13/2$$

$$dy = 30,5 \text{ mm}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 32}$$

$$m = 15,44$$

$$\rho_{\min} = 0,0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

- Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan

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

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

$$M = \frac{1}{8} \times 403,2 \times 2,3^2$$

$$M = 266,62 \text{ kgm}$$

- Penulangan Arah X

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

$$\phi = 0,9 \text{ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)}$$

$$Rn = \frac{266,62 \times 10000}{0,9 \times 1000 \times 43,5^2}$$

$$Rn = 1,567 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,44} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 15,44 x 1,567}{420}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00384 > \rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho x b x dx \\ &= 0,00384 x 1000 x 43,5 \\ &= 167,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D13)} &= \frac{1}{4} x \pi x D^2 \\ &= \frac{1}{4} x \pi x 13^2 \\ &= 132,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D13)}} \\ &= \frac{167,04}{132,79} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

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

$$S_{\text{max}} = 360 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n x \text{As (D13)} \\ &= 2 x 132,79 \\ &= 265,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah x D13 – 360 mm

#### • Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\text{min}} = 0,0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho x b x dy \\ &= 0,0018 x 1000 x 30,5 \\ &= 54,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As (D13)} = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\
 &= 132,79 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ Tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (D13)} \\
 &= \frac{54,9}{132,79} \\
 &\approx 1 \text{ buah} \\
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{1} \\
 &= 1000 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 360 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 \text{As pakai} &= n \times As (D13) \\
 &= 2 \times 132,79 \\
 &= 265,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan susu arah y D13-360 mm

### ➤ Pengangkatan

Untuk beton  $0,5 f_c' = 20 \text{ Mpa}$  (umur beton tiga hari) berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3:

$$\begin{aligned}
 dx &= h_{\text{komposit}} - d' - 0,5 \times D \\
 dx &= 70 - 20 - 0,5 \times 13 \\
 dx &= 43,5 \text{ mm} \\
 dy &= h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}} \\
 dy &= 70 - 20 - 13 - 13/2 \\
 dy &= 30,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{420}{0,85 \times 20} \\
 m &= 24,71
 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} = 0,0018$  (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))

- Perhitungan Momen akibat Pengangkatan saat Instansi  
 Berdasarkan *Pci Handbook 7<sup>th</sup>* Pasal 8.3, momen yang terjadi pada saat pengangkatan 4 titik angkat sebagai berikut:

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

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

Dimana,

$$W = h_{\text{precast}} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W = 0,07 \times 2400$$

$$W = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$a = 2,5 \text{ m}$$

$$b = 2,65 \text{ m}$$

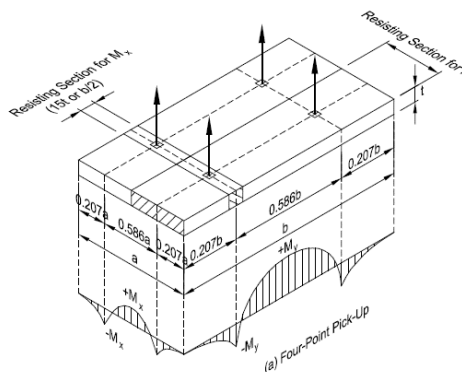
sehingga,

$$M_x = 0,0107 \times 168 \times 2,5^2 \times 2,65$$

$$M_x = 29,77 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,0107 \times 168 \times 2,5 \times 2,65^2$$

$$M_y = 31,56 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 27. Momen Pengangkatan Pelat Pracetak  
*(PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th Edition, 2004)*

• **Penulangan Arah X**

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

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

$$Rn = \frac{29,77 \times 10000}{0,9 \times 1000 \times 43,5^2}$$

$$Rn = 0,36 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{24,71} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 24,71 \times 0,36}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,00086 < \rho \text{ min} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 43,5 \\ &= 78,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D13)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\ &= 132,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D13)}} \\ &= \frac{78,3}{132,79} \\ &\approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{1} \\ &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 360 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D13)} \\ &= 1 \times 132,79 \\ &= 132,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah x D13 – 360 mm



• **Penulangan Arah Y**

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

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

$$Rn = \frac{31,56 \times 10000}{0,9 \times 1000 \times 30,5^2}$$

$$Rn = 0,185 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{24,71} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 24,71 \times 0,185}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,00043 < \rho \text{ min} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 30,5 \\ &= 54,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D13)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\ &= 132,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D13)}} \\ &= \frac{54,9}{132,79} \\ &\approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{1000}{1} \\ &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} = 360 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D13)} \\ &= 1 \times 132,79 \\ &= 132,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah y D13 – 360 mm

#### 4.4.3.4 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

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

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

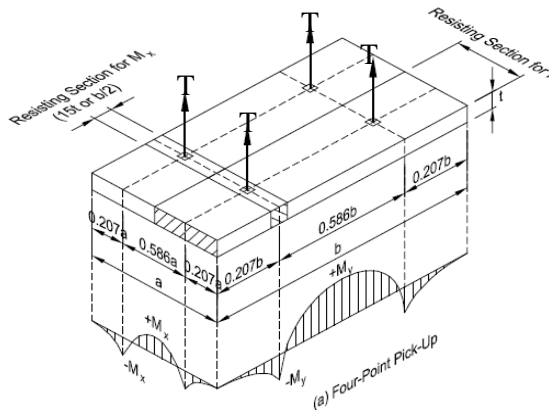
$$= \frac{100 \times 10}{\sqrt{40}} \times \frac{240}{400}$$

$$= 94.87 \text{ mm}$$

Makadipakai panjang penyaluran 90 mm

#### 4.4.3.5 Pengangkatan Pelat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe B dengan dimensi 2.65 x 2.5 m dengan 4 titik pengangkatan.



Gambar 4. 28. Jarak Tulangan Angkat  
(PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 7th Edition, 2008)

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times p \times l \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,07 \times 2,65 \times 2,5 \times 2400 \\ &= 1113 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K = \text{factor kejut} = 1,2$  (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1,2 \times 1113$$

$$q = 1335,6 \text{ Kg}$$

Gaya angkat  $T_u$  setiap tulangan :

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

$$\frac{1335,6}{4}$$

$$T_u = \frac{100}{4}$$

$$T_u = 3,339 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{fy}{1,5}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{240}{1,5}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3,339 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 3 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat  $\phi$  10

- **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 7th Edition* pasal 8.3.4 .

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

Dimana,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0,7 \times \sqrt{f'c'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0,7 \times \sqrt{40}}{1,5} = 2,95 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

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

$$M_x = 0,0107 \times 216 \times 2,5^2 \times 2,65$$

$$M_x = 29,77 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,0107 \times 216 \times 2,5 \times 2,65^2$$

$$M_y = 31,56 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{b}{2} \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{265}{2} \times (7)^2$$

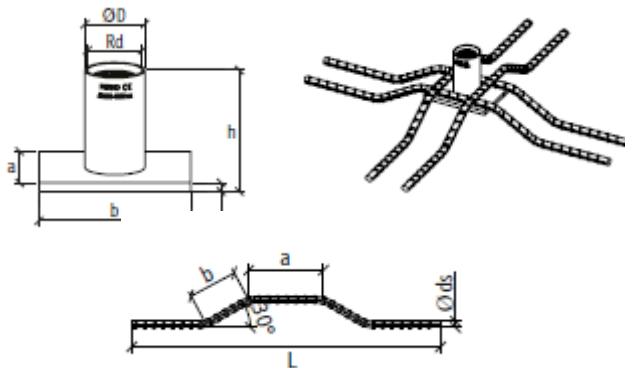
$$Z = 1082,08 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{Pelat}} = \frac{31,56 \times 10000}{1082,08 \times 1000}$$

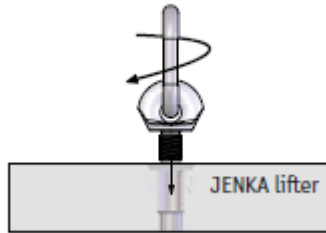
$$\sigma_{\text{pelat}} = 0,38 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2,95 \text{ Mpa (OK)}$$

#### • Pemilihan Profil Tulangan Angkat

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



Gambar 4. 29. Profil PSA dan Perkuatan



Gambar 4. 30. Kait *Jenka Lifter*

#### 4.4.3.6 Kontrol Lendutan Pelat

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

- Data Perencanaan

h : 120 mm

b : 5300 mm

yt :  $\frac{h}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ mm}$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati Saja

q pelat : 1969,8 kg/m

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

$$I_g = \frac{1}{12} x 5300 x 120^3$$

$$I_g = 763200000 \text{ mm}^4$$

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

$$fr = 0,62 \sqrt{fc}$$

$$fr = 0,62 \sqrt{40}$$

$$f_r = 3,92 \text{ Mpa}$$

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

$$M_{cr} = \frac{3,92 \times 763200000}{70 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 49,88 \text{ kNm}$$

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

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 1969,8 \times 2,3^2}{100}$$

$$M_a = M_d = 13,03 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

49,88 kNm > 13,03 kNm → tidak perlu transformasi

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

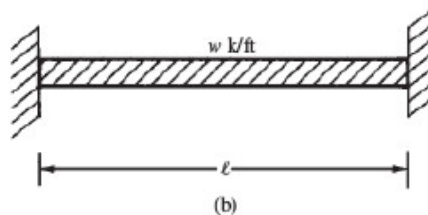
$$I_e = 763200000 \text{ mm}^4$$

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

$$E_c = 4700\sqrt{40}$$

$$E_c = 29725,41 \text{ Mpa}$$

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



Gambar 4. 31. Defleksi pada Pelat

$$\delta D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times Ec \times Ie}$$

$$\delta D = \frac{5 \times 19,69 \times 2300^4}{384 \times 29725,41 \times 763200000}$$

$$\delta D = 0,316 \text{ mm}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati dan Hidup  
q pelat : 2910,6 kg/m

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

$$I_g = \frac{1}{12} \times 5300 \times 120^3$$

$$I_g = 763200000 \text{ mm}^4$$

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

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{40}$$

$$f_r = 3,92 \text{ Mpa}$$

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

$$M_{cr} = \frac{3,92 \times 763200000}{70 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 49,88 \text{ kNm}$$

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

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 2910,6 \times 2,3^2}{100}$$

$$M_a = M_d = 19,25 \text{ kNm}$$



$$M_{cr} > M_a$$

49,88 kNm > 19,25 kNm → tidak perlu transformasi

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

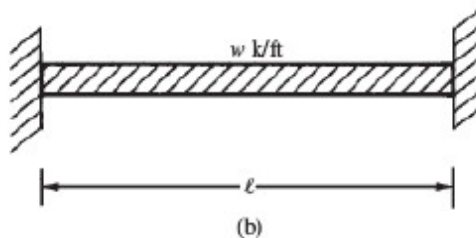
$$I_e = 2058000000 \text{ mm}^4$$

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

$$E_c = 4700\sqrt{40}$$

$$E_c = 29725,41 \text{ Mpa}$$

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



Gambar 4. 32. Defleksi pada Pelat

$$\delta(D + L) = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e}$$

$$\delta(D + L) = \frac{5 \times 29,1 \times 2300^4}{384 \times 29725,41 \times 763200000}$$

$$\delta(D + L) = 0,47 \text{ mm}$$

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 :

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

$$\delta L = 0,467 - 0,316$$

$$\delta L = 0,151 \text{ mm}$$

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

Tabel 4. 22. Faktor Lendutan Jangka Panjang

Duration Of Load	Time Factor
5 years or more	2
12 months	1,4
6 months	1,2
3 months	1

Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

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

$$\delta L(\text{long term}) = 0,151 \times 2$$

$$\delta L(\text{long term}) = 0,302 \text{ mm}$$

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

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

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

$$\delta_{izin} = \frac{2500}{480}$$

$$\delta_{izin} = 5,21 \text{ mm}$$

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

$$5,21 \text{ mm} > 0,302 \text{ mm} \text{ (OK !)}$$

Berikut tabel rekapitulasi penulangan pelat lantai pada gedung apartemen The Conexio LRT Superblock:

Tabel 4. 23. Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Pelat

Pelat	Penulangan									
	Sebelum Overtopping		Sesudah OverTopping		Sesudah Komposit		Tulangan Pakai		Tulangan Angkat	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y		
Pelat Type 1	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	Ø10
Pelat Type 2	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	Ø10
Pelat Type 3	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	Ø10
Pelat Type 4	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	Ø10
Pelat Type 5	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	Ø10
Pelat Type 6	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	D13-360 mm	Ø10

Tabel 4. 24. Rekapitulasi Kontrol Lendutan Pelat

Pelat	Tegangan Pengangkatan		Lendutan	
	$\sigma$ pelat (Mpa)	$\sigma$ Ijin (Mpa)	Lendutan Longterm (mm)	Lendutan Izin (mm)
Pelat Type 1	0,383	2,951	0,302	5,208
Pelat Type 2	0,619	2,951	0,520	5,417
Pelat Type 3	0,656	2,951	0,282	5,208
Pelat Type 4	0,429	2,951	2,474	7,813
Pelat Type 5	0,619	2,951	0,358	5,417
Pelat Type 6	0,390	2,951	0,308	5,417

#### 4.4 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.

Perencanaan balok anak didasarkan pada beberapa keadaan, yaitu pengangkatan, setelah overtopping, dan setelah komposit.

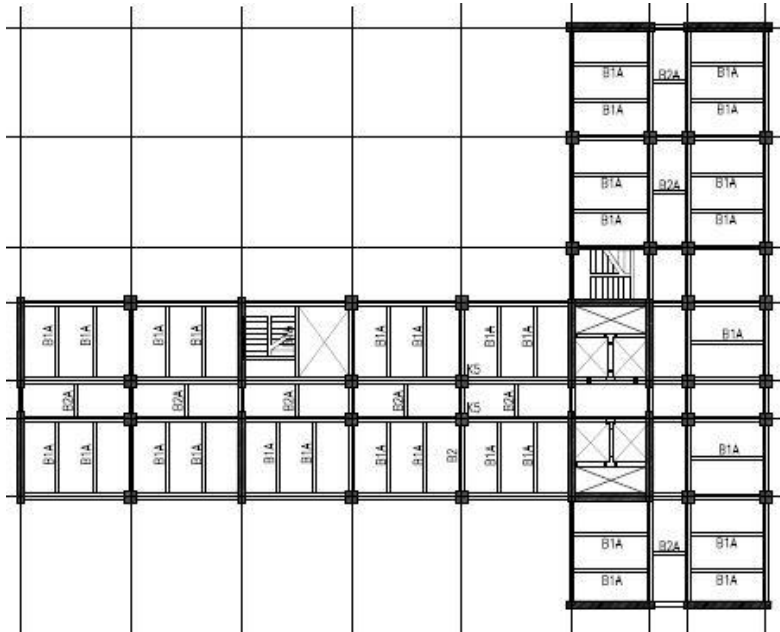
- Saat Pengangkatan  
Keadaan ini terjadi pada saat instalasi balok *half beam*, dimana dilakukan proses pengangkatan balok anak ke tempat penyimpanan (storage) dan ke gedung. Pengangkatan ke storage direncanakan dilakukan pada hari ketiga dengan perkiraan nilai kekuatan beton sebesar  $0,5 f_c' = 20 \text{ Mpa}$ . Sedangkan, pengangkatan ke gedung direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar  $0,75 f_c' = 30 \text{ Mpa}$ .
- Setelah Overtopping  
Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Pada keadaan sebelum komposit direncanakan pada hari ke 10 dengan perkiraan nilai kekuatan beton sebesar  $0,8 f_c' = 32 \text{ Mpa}$ .
- Setelah Komposit  
Keadaan ini terjadi saat topping dan elemen pracetak balok anak telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Pada keadaan setelah komposit nilai kekuatan beton sebesar  $40 \text{ Mpa}$ .

#### 4.4.4.1 Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

Dalam perhitungan bab ini, akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi. Kondisi tersebut antara lain saat balok komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit. Contoh perhitungan pada balok anak B1A:

- Dimensi Komposit : 25 x 40 cm
- Dimensi Halfbeam : 25 x 28 cm
- Tebal Overtopping Balok : 12 cm
- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 400 Mpa
- L : 5,3 m
- Lx :  $L - b_{\text{balok induk}}$   
: 5,3 - 0,4 m

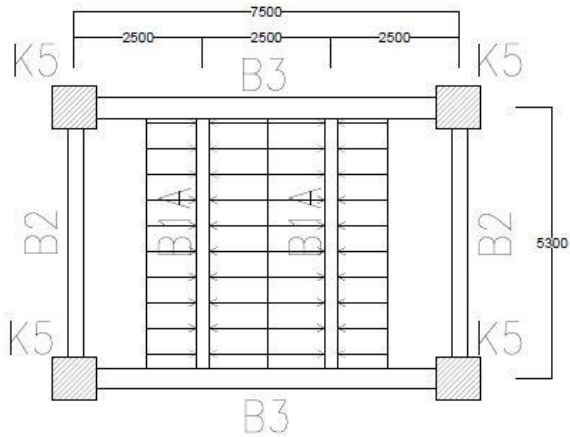
- $D_{\text{longitudinal}}$  : 4,9 m
- $D'_{\text{transversal}}$  : 16 mm
- Decking ( $d'$ ) : 10 mm
- Decking ( $d'$ ) : 40 mm



Gambar 4. 33. Denah Balok Anak

#### 4.4.4.2 Pembebanan Balok Anak Pracetak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.22. berikut:



Gambar 4. 34. Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit B1A

➤ **Pembebanan Sebelum Komposit**

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

• **Beban Mati**

- Berat sendiri Balok :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 :  $0,25 \times 0,28 \times 2400$   
 : 168 kg/m

- Berat Overtopping :  $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 :  $0,25 \times 0,12 \times 2400$   
 : 72 kg/m

- Berat Pelat : 288 kg/m<sup>2</sup>  
 (berdasarkan Perhitungan Pelat lantai)

- Luas Pelat :  $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$  (pelat type 4)  
 : 4 m x 9 m

$$\begin{aligned}
 & : 36 \text{ m}^2 \\
 - \text{ qd} & : 778,7755 + 60 + 150 \\
 & : 1018,78 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi Beban
  - qu : 1,4 x qd
  - qu : 1,4 x 1018,78
  - qu : 1426,29 kg/m

➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

- **Beban Mati**
  - Berat Sendiri :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 : 0,25 x 0,28 x 2400  
 : 168 kg/m
  - qd : 168 kg/m
- **Kombinasi Beban**
  - qu : 1,4 x qd
  - qu : 1,4 x 168
  - qu : 235,2 kg/m

#### 4.4.4.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_{c'}}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{40}}{400} = 0,003953 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(40-28)}{7} = 0,764$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

Untuk nilai  $f_c'$  40 Mpa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3:

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

$$d_x = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}16 = 342 \text{ mm}$$

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

$$M_{\text{tumpuan (-)}} = 6319,2 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tumpuan (+)}} = 0,5 M_{\text{tumpuan (-)}} = 3159,6 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan (+)}} = 2518 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan (-)}} = 0,5 M_{\text{lapangan (+)}} = 1259 \text{ kgm}$$

$$V_u = 4402,13 \text{ kg}$$

• Tulangan Negatif di Tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x} = \frac{6319,2 \times 10^4}{0,9 \times 250 \times 342^2} = 2,4 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,764} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 2,4}{400}} \right) = 0,00623$$

$\rho_{\text{min}} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0,00623$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0,00623 \times 250 \times 342 = 532,79 \text{ mm}^2$$



$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{532,79}{201,14}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(16) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 3 x 16 - 2 x 40 - 2 x 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 51 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A (D16)$$

$$As \text{ pakai} = 3 x 201,14 = 603,43 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 3 D16**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As \text{ pakai}}{bw x dx}$$

$$\rho = \frac{603,43}{250 x 342} = 0,00705 > 0,00623 \text{ (ok)}$$

$$a = \frac{0,85 x bw x f_c'}{AS x f_y}$$

$$a = \frac{0,85 x 250 x 400}{603,43 x 400} = 28,4 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{28,4}{0,764} = 37,15 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} x 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{342 - 37,15}{37,15} x 0,003 = 0,0246 > 0,005 \text{ (ok)}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \emptyset As \times fy \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 603,43 \times 400 \left( 342 - \frac{28,4}{2} \right) \\
 &= 71209764 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = 7261,375 \text{ Kgm} > Mtumpuan = 6319,2 \text{ Kgm (OK)}$$

**Maka factor Reduksi  $\emptyset = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Positif di Tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx} = \frac{3159,6 \times 10^4}{0,9 \times 250 \times 342^2} = 1,2$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,764} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 1,2}{400}} \right) = 0,00305$$

$\rho_{min} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0,003953$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,003953 \times 250 \times 342 = 337,98 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi \times D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi \times 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{337,98}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times (D16) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \times A \text{ (D16)}$$

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 201,14 = 402,29 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur positif tumpuan 2 D16**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_{spakai}}{b_w \times d_x}$$

$$\rho = \frac{402,29}{250 \times 342} = 0,0047 > 0,0041 \text{ (ok)}$$

$$a = \frac{0,85 \times b_w \times f_c'}{A_s \times f_y}$$

$$a = \frac{402,29 \times 400}{0,85 \times 250 \times 40} = 18,93 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{18,93}{0,764} = 24,77 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{c}{d - c} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{342 - 24,77}{24,77} \times 0,003 = 0,0384 > 0,005 \text{ (ok)}$$

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

$$= 0,9 \times 402,29 \times 400 \left( 342 - \frac{18,93}{2} \right)$$

$$= 48158590 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 4910,81 \text{ Kgm} > M_{tumpuan} = 3159,6 \text{ Kgm (OK)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

• Tulangan Positif di Lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x} = \frac{2518 \times 10^6}{0,9 \times 250 \times 342^2} = 0,96 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,764} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 11,764 x 0,96}{400}} \right) = 0,0024$$

$\rho_{min} > \rho$  , maka dipakai  $\rho_{min} = 0,003953$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0,003953 x 250 x 342 = 337,9815 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x 16^2 = 201,14$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{337,98}{201,14}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(16) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 3 x 16 - 2 x 40 - 2 x 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 51 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$AS \text{ pakai} = 3 x 201,14 = 603,43 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan  
2 D16**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw x dx}$$

$$\rho = \frac{603,43}{250 x 342} = 0,0071 > 0,0039 \text{ (OK)}$$

$$a = \frac{AS \times f_y}{0,85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{603,43 \times 400}{0,85 \times 250 \times 40} = 28,4 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{28,4}{0,764} = 37,15 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{342 - 37,15}{37,15} \times 0,003 = 0,0246 > 0,005 \text{ (ok)}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \phi A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 603,43 \times 400 \left( 342 - \frac{28,4}{2} \right) \\ &= 71209567,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = 7261,355 \text{ Kgm} > M_{\text{lapangan}} = 2518 \text{ Kgm (OK)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times x} = \frac{1258,84 \times 10^4}{0,9 \times 250 \times 342^2} = 0,48 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,49}{400}} \right) = 0,00123$$

$\rho_{\min} > \rho$ , maka dipakai  $\rho_{\min} = 0,003953$

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

$$A_{\text{Sperlu}} = 0,003953 \times 250 \times 342 = 337,98 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{S(D16)}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,14$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{337,98}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times (D16) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$AS \text{ pakai} = 2 \times 201,14 = 402,28 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Negatif Lapangan 2 D16**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{402,28}{250 \times 342} = 0,0047 > 0,0039(\text{ok})$$

$$a = \frac{0,85 \times bw \times f_c'}{402,28 \times f_y}$$

$$a = \frac{0,85 \times 250 \times 40}{402,28 \times 400} = 18,93 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{18,93}{0,764} = 24,77 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{342 - 24,77}{24,77} \times 0,003 = 0,0384 > 0,005 (\text{ok})$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \phi A_s x f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 x 402,29 x 400 \left( 342 - \frac{18,93}{2} \right) \\
 &= 48158590 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = 4910,81 \text{ Kgm} > Mtumpuan = 1662,75 \text{ Kgm (OK)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0,9$  dapat digunakan.**

b. Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

Untuk nilai  $0,8 f_c' = 32 \text{ Mpa}$  (umur beton 10 hari) berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3:

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{32}}{400} = 0,00353$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$dx = 280 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 16 = 222 \text{ mm}$$

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.

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

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} x qu x Lx^2 = \frac{1}{8} x 1426,28 x 4,9^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 4280,64 \text{ kgm}$$

- 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.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,00353 \times 250 \times 222 = 195,915 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,14$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{195,915}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times (D16) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D16)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 201,14 = 402,28 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{AS \times fy}{0,85 \times bw \times fc'}$$

$$a = \frac{402,28 \times 400}{0,85 \times 250 \times 32} = 23,66 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \phi As \times fy \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 402,29 \times 400 \left( 222 - \frac{23,66}{2} \right) \\ &= 30437744,15 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$M_n = 3043,77 \text{ Kgm} > M_{tumpuan} = 0 \text{ Kgm (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2 D16**

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,00353 \times 250 \times 222 = 195,915 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,14$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{195,915}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times (D16) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$a = \frac{AS \times fy}{0,85 \times bw \times fc'}$$

$$a = \frac{402,28 \times 400}{0,85 \times 250 \times 32} = 23,66 \text{ mm}$$

$$M_n = \phi As \times fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 402,29 \times 400 \left( 222 - \frac{23,66}{2} \right)$$

$$= 30437744,15 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 3043,77 \text{ Kgm} > M_{tumpuan} = 0 \text{ Kgm (OK)}$$

### Maka digunakan tulangan Lentur positif tumpuan 2 D16

- Tulangan Positif di Lapangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 32} = 14,71$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x} = \frac{4280,64 \times 10^6}{0,9 \times 250 \times 222} = 3,86 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{14,71} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,71 \times 3,86}{400}} \right) = 0,0104$$

$\rho_{\min} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0,0104$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{S\text{perlu}} = 0,0104 \times 250 \times 222 = 580,18 \text{ mm}^2$$

$$A_{S(D16)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_{S(D16)} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,14$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S\text{perlu}}}{A_{S(D16)}}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{580,18}{201,14}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{b_w - n \times D(16) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 3 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 51 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 3 D16**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_{Spakai}}{b_w \times d_x}$$

$$\rho = \frac{570,06}{250 \times 222} = 0,01087 > 0,0103(OK)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{570,06 \times 400}{0,85 \times 250 \times 32} = 33,5 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{33,5}{0,764} = 43,8 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{222 - 43,8}{43,8} \times 0,003 = 0,0122 > 0,005 (OK)$$

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

$$= 0,9 \times 570,06 \times 400 \left( 222 - \frac{33,5}{2} \right)$$

$$= 42121733 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 4348,69 \text{ Kgm} > M_{lap} = 4280,64 \text{ Kgm} (OK)$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

• Tulangan Negatif di Lapangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 32} = 14,71$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x} = \frac{2140,32 \times 10^6}{0,9 \times 250 \times 222} = 2,32 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{14,71} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14,71 x 2,32}{400}} \right) = 0,006$$

$\rho_{min} < \rho$  , maka dipakai  $\rho = 0,006$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0,006 x 250 x 222 = 333,13 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x 16^2 = 201,14$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{333,13}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(16) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 x 16 - 2 x 40 - 2 x 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan  
2 D16**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw x dx}$$

$$\rho = \frac{402,29}{250 x 222} = 0,0072 > 0,006 \text{ (ok)}$$

$$a = \frac{AS \times fy}{0,85 \times bw \times fc'}$$

$$a = \frac{402,29 \times 400}{0,85 \times 250 \times 32} = 23,66 \text{ mm}$$

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

$$c = \frac{23,66}{0,764} = 30,97 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{222 - c} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{222 - 30,97}{30,97} \times 0,003 = 0,018 > 0,005 \text{ (ok)}$$

$$Mn = \phi AS \times fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 402,29 \times 400 \left( 222 - \frac{23,66}{2} \right)$$

$$= 30437744 \text{ Nmm}$$

$$Mn = 3138,67 \text{ Kgm} > Mtumpuan = 2140,32 \text{ Kgm (OK)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif lapangan 2 D16**

c. Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

Untuk nilai  $0,5 f_c' = 20 \text{ Mpa}$  (umur beton tiga hari) berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3:

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{fy} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{20}}{400} = 0,0028$$

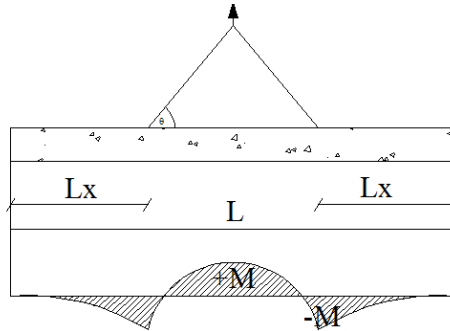
$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}16 = 342 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 35. Pengangkatan Balok

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

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

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{280}{2} = 140$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 25 x 28^3 = 45733,33 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 14 + 5 = 19 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 4,9 \text{ m}$$

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

$$X = 0,234$$

$$X = 490 \times 0,234 = 114,66 \text{ cm}$$

$$W = qu = 235,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 154,63 \text{ kgm}$$

$$- M = 154,63 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{\min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 342 = 299,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{299,25}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times (D16) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2 D16**

- Tulangan positif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{\min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 342 = 299,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{299,25}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(16) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 x 16 - 2 x 40 - 2 x 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2 D16**

- Tulangan Positif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $p_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0,0035 x 250 x 342 = 299,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} x \pi x 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{299,25}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(16) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 x 16 - 2 x 40 - 2 x 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D16**



- Tulangan Negatif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,0035 \times 250 \times 342 = 299,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D16)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{299,25}{201,14}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times (D16) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan  
2 D16**

#### 4.4.4.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

- a. Perhitungan Tulangan Setelah Komposit

$$Vu = 4402,13 \text{ kg} = 44,02 \text{ kN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times bw \times dx$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 250 \times 342 = 90124,91 \text{ N} = 90,13 \text{ kN}$$

$$\emptyset Vc = 0,9 \times 90,13 \text{ kN} = 81,11 \text{ kN}$$

$$0,5 \emptyset Vc = 0,5 \times 81,11 = 40,55 \text{ kN}$$

$$\emptyset Vc > Vu > 0,5 \emptyset Vc \rightarrow \text{memerlukan tulangan geser minimum}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{Vu}{\emptyset}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{44,02}{0.9} = 48,91 \text{ kN}$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s \phi 10$$

$$A_v = 2 \times 78,57 = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S_{maks} = \frac{157,4 \times 240 \times 342}{55,86 \times 1000} = 263,7 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 ps1 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{342}{4} = 85,5 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 16 = 96 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan  $\phi 10$ -80 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempapada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{342}{2} = 171 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan  $\phi 10$ -170 mm**

b. Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

$$V_u = q_u \times L_x$$

$$Vu = 1426,29 \times 4,9 = 3494,4 \text{ kg} = 34,944 \text{ kN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times bw \times dx$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{32} \times 250 \times 222 = 58502,14 \text{ N} = 58,5 \text{ kN}$$

$$\emptyset Vc = 0,9 \times 58,5 \text{ kN} = 52,65 \text{ kN}$$

$$0,5\emptyset Vc = 0,5 \times 52,65 = 26,33 \text{ kN}$$

$0,5\emptyset Vc < Vu < \emptyset Vc \rightarrow$  Diperlukan tulangan minimum

$$Vs \text{ min} = \frac{Vu}{\emptyset}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{34,944}{0,9} = 38,83 \text{ kN}$$

$$As \phi 10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$As \phi 10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$Av = 2 \times As \phi 10$$

$$Av = 2 \times 78,57 = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ maks} = \frac{Av \times fy \times dx}{Vs}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157,4 \times 240 \times 222}{38,83 \times 1000} = 359,4 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{222}{4} = 55,5 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan  $\phi 10$ -50 mm**

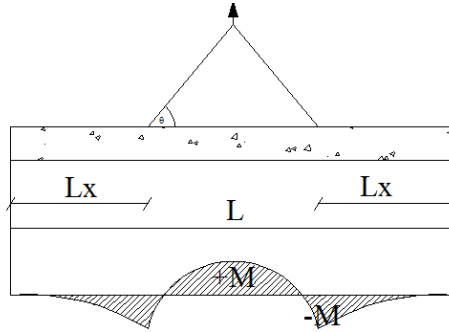
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempapada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{222}{2} = 111 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan  $\phi 10$ -110 mm**

#### 4.4.4.5 Pengangkatan Balok Anak

Dalam pemasangan balok anak pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B1a dengan dimensi 40 x 41 cm dengan 2 titik pengangkatan.



Gambar 4. 36. Titik Angkat Balok Anak

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,28 \times 0,25 \times 4,9 \times 2400 \\ &= 823,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K =$  factor kejut  $= 1,2$  (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1,2 \times 823,2$$

$$q = 987,84 \text{ Kg} = 9,88 \text{ kN}$$

Gaya angkat  $Tu$  setiap tulangan :

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

$$Tu = \frac{9,88}{2}$$

$$Tu = 4,94 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{ijin} = \frac{fy}{1,5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{240}{1,5}$$

$$\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 4,94 \times 100}{\pi \times 2666,67}}$$

$$D = 0,4 \text{ cm} \approx 4 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat  $\phi 10$

- **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,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0,7 \times \sqrt{f_c'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0,7 \times \sqrt{20}}{1,5} = 2,087 \text{ Mpa}$$

- 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:

$$+ M = 154,625 \text{ kgm}$$

$$- M = 154,625 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h_{\text{pracetak}})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0,25 \times (0,28)^2$$

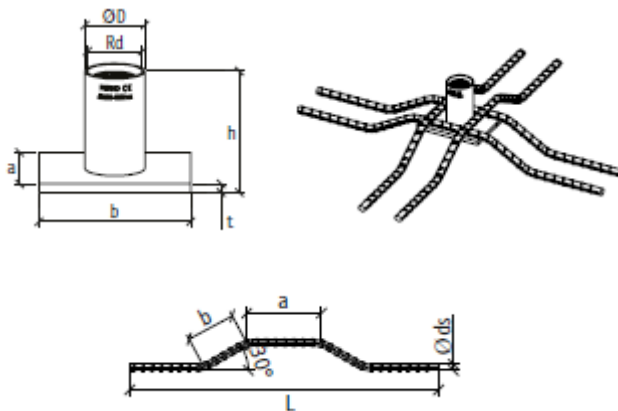
$$Z = 0,003267 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{\text{Balok}} = \frac{154,625}{0,003267} \times \frac{10}{1000000}$$

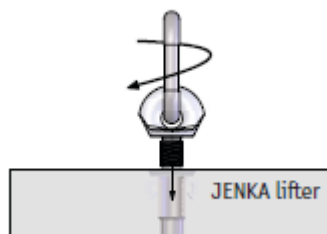
$$\sigma_{\text{Balok}} = 0,473 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2,95 \text{ Mpa (OK)}$$

- **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 25 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ .



Gambar 4. 37. Profil PSA dan Perkuatan



Gambar 4. 38. Kait *Jenka Lifter*

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok anak pracetak gedung apartemen The Conexio:

Tabel 4. 25. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Kode	B1A		B2A	
	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	250 mm x 400 mm		250 mm x 350 mm	
Bentang	5,3 m		2,6 m	
Decking	40		40	
Atas	3 D16	2 D16	4 D16	2 D16
Tengah				
Bawah	2 D16	3 D16	2 D16	3 D16
Senggang	2 D10 - 50 mm	2 D10 - 110 mm	2 D10 - 40 mm	2 D10 - 80 mm

#### 4.4.5 Perhitungan Gaya Uplift untuk Pelat Basement

Data-data yang dibutuhkan:

- Elevasi Basement = -6,2 m  
(+0,00 adalah permukaan tanah asli)
- Elevasi Muka Air Tanah = -8,3 m
- Berat Jenis Air = 1 t/m<sup>3</sup>

Dari data tersebut, diketahui bahwa pada elevasi basement terbawah tidak terdapat air sehingga tidak terjadinya gaya uplift pada pelat basement. Beban yang digunakan untuk perhitungan pelat basement hanya beban surcharge (beban hidup) untuk parkir mobil yaitu sebesar 800 kg/m<sup>2</sup>.

#### 4.4.6 Perencanaan Lift dan Balok Penumpu Lift

Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut: (brosur terlampir)

- Tipe lift : Passenger Elevators
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 11 Orang / 750 kg
- Lebar pintu (opening width) : 800 mm
- Dimensi ruang luncur (hoistway inside) 2 Car : 3700 x 1930 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (Car size) Internal : 1400 x 1350 mm<sup>2</sup>



- Eksternal : 1460 x 1505 mm<sup>2</sup>  
 - Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4000 x 3700 mm<sup>2</sup>  
 - Beban reaksi pit :  
     R1 = 7100 kg  
     R2 = 5600 kg

Dikarenakan balok penumpu lift terbaring diatas dinding geser, perhitungan penulangan lentur balok penumpu lift hanya menggunakan  $\rho_{\min}$  dan tulangan geser minimum.

a. Data perencanaan:

- L = 3000 mm  
 F'c = 40 Mpa  
 Fy = 400 Mpa  
 Tul. lentur (D) = 22 mm  
 As tulangan = 380,2857 mm<sup>2</sup>  
 Tul. sengkang (D) = 13 mm  
 As tulangan = 132,786 mm<sup>2</sup>  
 B = 300 mm  
 H = 450 mm  
 Decking = 40 mm  
 d = h - (decking +  $\emptyset$ sengkang +  $\frac{1}{2}$   $\emptyset$ lentur)  
 = 386 mm

b. Perhitungan tulangan negatif tumpuan

- $\emptyset$  = 0.9 untuk asumsi kondisi *tension controlled section*; 0.75 untuk geser dan torsi (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
- $\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(F'c-28)}{7}$   
 $= 0.85 - 0.05 \frac{(40-28)}{7}$   
 $= 0.76429$
- $\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y}$   
 $= \frac{0.25x\sqrt{40}}{420} = 0.003953$  (menentukan)

- $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$
  - Maka dipakai  $\rho_{\min} = 0,003953$
  - As perlu  $= \rho \cdot b \cdot d$   
 $= 0,003953 \times 300 \times 386 = 453,943 \text{ mm}^2$
  - n (jumlah)  $= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}}$   
 $= \frac{453,943}{380,2857} = 2 \text{ buah}$
  - Jarak tulangan (s)  $= \frac{b-n\cdot\emptyset L-2d'-2\emptyset s}{n-1}$   
 $= 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$
- Dipakai tulangan negative tumpuan 2 D22

c. Perhitungan tulangan positif tumpuan

- As.min  $= \frac{1}{2} \times \text{As} = \frac{1}{2} \times 453,943 = 217,971 \text{ mm}^2$
- n (jumlah)  $= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}}$   
 $= \frac{217,971}{380,2857} = 2 \text{ buah}$

Dipakai tulangan positif tumpuan 2 D22

d. Perhitungan tulangan positif lapangan

- $\emptyset = 0.9$  untuk asumsi kondisi *tension controlled section*; 0.75 untuk geser dan torsi (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
- $\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(F'c-28)}{7}$   
 $= 0.85 - 0.05 \frac{(40-28)}{7}$   
 $= 0.76429$
- $\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y}$   
 $= \frac{0.25x\sqrt{40}}{400} = 0.003953 \text{ (menentukan)}$
- $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$
- Maka dipakai  $\rho_{\min} = 0,003953$

- As perlu  $= \rho \cdot b \cdot d$   
 $= 0,003953 \times 300 \times 386 = 453,943 \text{ mm}^2$
- n (jumlah)  $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$   
 $= \frac{453,943}{380,2857} = 2 \text{ buah}$
- Jarak tulangan (s)  $= \frac{b-n\cdot\emptyset L-2d'-2\emptyset s}{n-1}$   
 $= 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$

Dipakai tulangan positif lapangan 2 D22

e. Perhitungan tulangan negatif lapangan

- As.min  $= \frac{1}{2} \times As = \frac{1}{2} \times 453,943 = 217,971 \text{ mm}^2$
- n (jumlah)  $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$   
 $= \frac{217,971}{380,2857} = 2 \text{ buah}$

Dipakai Tulangan negative lapangan 2 D22

f. Perhitungan tulangan geser

- $V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b_w \cdot d = 124505 \text{ N}$
- $V_{smin} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_w \cdot d = 244128 \text{ N}$
- Termasuk kategori membutuhkan tulangan geser dengan  
 $S_{min} = d/2 = 193 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- $A_v = n \times As \phi 13$ ; Dipasang 2  $\phi 13$   
 $= 2 \times 132,786 = 265,571 \text{ mm}^2$

Dipakai 2  $\phi 13$ -150 mm

## 4.5 Perencanaan Struktur Primer

### 4.5.1 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 struktur geser (shear wall) merupakan komponen struktur primer. Berikut adalah

perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan struktur primer tersebut.

#### 4.5.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak

Perencanaan balok induk dalam struktur Gedung Apartemen The Conexio LRT Superblock ini menggunakan 5 dimensi balok induk dengan 5 bentang yang berbeda, yaitu :

- Balok Induk B1 dengan dimensi 25/35 cm (bentang 2.65 m)
- Balok Induk B2 dengan dimensi 30/45 cm (bentang 5.3 m)
- Balok Induk B3 dengan dimensi 40/55 cm (Bentang 7.5 m)
- Balok Induk B4 dengan dimensi 25/35 cm (bentang 2.6 m)
- Balok Induk B5 dengan dimensi 25/40 cm (bentang 3.75 m)

Penulangan balok induk dihitung dalam 3 kondisi yaitu kondisi setelah komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Dari ketiga kondisi tersebut diambil perhitungan penulangan dengan jumlah kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung Balok Induk B3 (40/55 cm) dengan bentang 7.5 m. Perencanaan balok anak didasarkan pada beberapa keadaan, yaitu pengangkatan, setelah overtopping, dan setelah komposit.

- Saat Pengangkatan

Keadaan ini terjadi pada saat instalasi balok *half beam*, dimana dilakukan proses pengangkatan balok induk ke tempat penyimpanan (storage) dan ke gedung. Pengangkatan ke storage direncanakan dilakukan pada hari ketiga dengan nilai kekuatan beton sebesar 20 Mpa. Sedangkan, pengangkatan ke gedung direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar 30 Mpa.

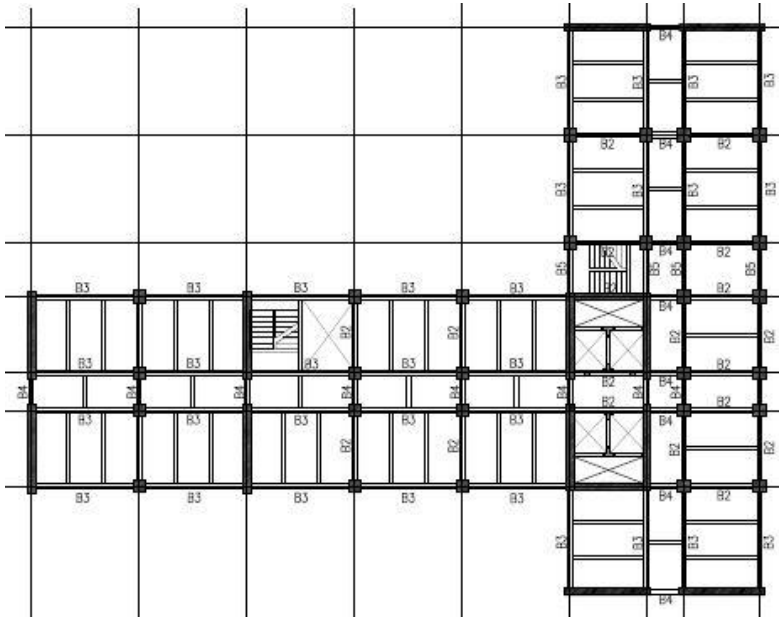
- Setelah Overtopping

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Pada keadaan sebelum komposit

direncanakan pada hari ke 10 dengan kekuatan beton sebesar 32 Mpa.

- Setelah Komposit

K keadaan ini terjadi saat topping dan elemen pracetak balok anak telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Pada keadaan setelah komposit nilai kekuatan beton sebesar 40 Mpa.



Gambar 4. 39. Denah Balok Induk Pracetak

#### 4.5.2.1 Data Perencanaan Balok Induk Pracetak

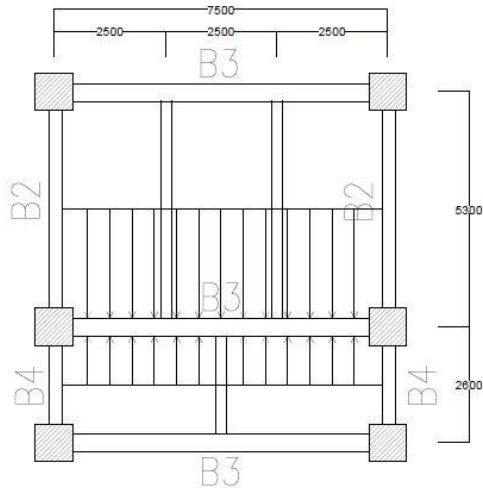
Berikut merupakan data perencanaan balok induk pracetak tipe B3 pada gedung apartemen The Conexio LRT Superblock:

- Dimensi Balok Komposit : 40 x 55 cm
- Dimensi Balok Halfbeam : 40 x 43 cm
- Tebal Overtopping balok : 12 cm
- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 400 Mpa

- L : 7.5 m
- $L_x$  :  $L - b_{\text{balok induk melintang}}$   
:  $7.5 - 0.3 = 7,2$  m
- $D_{\text{lentur}}$  : 25 mm
- $D'_{\text{senggang}}$  : 10 mm
- Decking ( $d'$ ) : 40 mm

#### 4.5.2.2 Perhitungan Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.31. berikut:



Gambar 4. 40. Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit

➤ **Pembebanan Sebelum Komposit**

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

• **Beban Mati**

- Berat sendiri Balok :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
                               :  $0,4 \times 0,43 \times 2400$   
                               : 412,8 kg/m
- Berat Overtopping :  $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
                               :  $0,4 \times 0,12 \times 2400$   
                               : 115,2 kg/m
- Berat Pelat : 288 kg/m<sup>2</sup>  
                               (berdasarkan Perhitungan Pelat lantai)
- Luas Pelat :  $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$   
                               :  $(2,65 \times 7,5) + (1,3 \times 7,5) \text{ m}$   
                               : 29.625 m<sup>2</sup>
- qd :  $412,8 + 115,2 + (288 \times 29.6 / 7,5)$   
                               : 1713 kg/m

• **Kombinasi Beban**

- qu : 1.4 x qd
- qu : 1.4 x 1713
- qu : 2398,2 kg/m

➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

• **Beban Mati**

- Berat Sendiri :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
                               :  $0,4 \times 0,43 \times 2400$   
                               : 412,8 kg/m
- qd : 412,8 kg/m

• **Kombinasi Beban**

- qu : 1.4 x qd

$$\begin{aligned} q_u &: 1.4 \times 412,8 \\ q_u &: 577,92 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.5.2.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok induk, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

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

$$\rho \text{ min} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{400} = 0.003953 \text{ (menentukan)}$$

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

$$\rho \text{ min} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

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

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

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

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0.0389$$

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

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

$$\rho \text{ max} = 0.75 \times 0.0389 = 0.0292$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c'} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.764$$

- a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit  
Untuk nilai  $f'c'$  40 Mpa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3:

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

$$dx = 550 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 487,5 \text{ mm}$$



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

$$M_{\text{tumpuan atas}} = 37527,68 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tumpuan bawah}} = 12315,88 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan bawah}} = 8892,65 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan Atas}} = 2632,16 \text{ kgm}$$

$$V_u = 21910,56 \text{ kg}$$

$$T_u = 78,08 \text{ kNm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d^2} = \frac{37527,68 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 487,5^2} = 4,39 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 4,39}{400}} \right) = 0,0118$$

$\rho_{\text{min}} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0,0118$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times b_w \times d$$

$$A_{S\text{perlu}} = 0,0118 \times 400 \times 487,5 = 2297,57 \text{ mm}^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,07$$

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

$$n \text{ tulangan} = \frac{2297,57}{491,07}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 5 \text{ buah}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 8 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{5 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 43,75 < 25 \text{ mm (OK)}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$A_s \text{ pakai} = 5 \times 491,07 = 2455,36 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 5 D25**

- Tulangan Positif di Tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times x} = \frac{37527,68 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 487,5} = 1,44$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,764} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 1,44}{400}} \right) = 0,037$$

$\rho_{min} > \rho$ , maka dipakai  $\rho_{min} = 0,003953$

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

$$A_{Sperlu} = 0,003953 \times 400 \times 487,5 = 770,81 \text{ mm}^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,07 \text{ mm}^2$$

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

$$n \text{ tulangan} = \frac{770,81}{491,07}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$\text{As pakai} = 5 \times A (D25)$$

$$\text{As pakai} = 2 \times 491,07 = 982,14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2 D25**

❖ Kontrol  $D_{\text{actual}}$  pada tumpuan

Tabel 4. 26. Kontrol Dactual

Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik						
Baris	Jumlah	D	As (mm <sup>2</sup> )	S	Jarak (y)	As x y
1	5	25	2455,4	-	62,5	184151,7
2	0	25	0	90	177,5	0
Jumlah	5		2455,4		240	153459,8

- Letak titik berat tulangan dari bawah :

$$Y = \frac{\sum As \times y}{\sum As} = \frac{153459,8}{2455,4} = 62,5 \text{ mm}$$

- Tinggi Efektif actual

$$D_{\text{actual}} = 550 - 62,5 = 487,5 \text{ mm}$$

Perhitungan momen nominal balok tumpuan atas

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times bw \times f_c}$$

$$= 72,22 \text{ mm}$$

$$M^- = 0,9 \times As \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 0,9 \times 2455,36 \times 400 (487,5 - 72,22/2)$$

$$= 398,99 \text{ kNm} = 40696,64 \text{ kgm} > Mu = 37527,68 \text{ kgm}$$

Perhitungan momen nominal balok tumpuan bawah

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times bw \times fc}$$

$$= 28,88 \text{ mm}$$

$$M^+ = 0,9 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 0,9 \times 982,14 \times 400 (487,5 - 28,88/2)$$

$$= 167,26 \text{ kNm} = 17055,77 \text{ kgm} > Mu = 12315,88 \text{ kgm}$$

❖ Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{AS}{bw \times d \text{ actual}} = \frac{2455,36}{400 \times 487,5} = 0,0126$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw \times dx} = \frac{982,14}{400 \times 487,5} = 0,005$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85fc'd'}{d \text{ actual} \cdot fy} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - fy}\right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 \times 40 \times 40}{487,5 \times 400} \times 0,764 \times \left(\frac{600}{600 - 400}\right) = 0,0159$$

$$\rho - \rho' = 0,0126 - 0,005 = 0,0076$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0,0076 < 0,0159 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$fs = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc' \times d'}{(\rho - \rho') \times fy \times d} \right| < fy$$

$$fs = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{(0,0076) \times 400} \times \frac{40}{487,5} \right| < 400$$

$$fs = 176,67 < 400$$

$$a = \frac{As \times fy - As' \times fs}{0,85 \times bw \times fc}$$

$$a = \frac{2455,36 \times 400 - 982,14 \times 176,67}{0,85 \times 400 \times 40}$$

$$a = 61,91 \text{ mm}$$

$$Mn = 0,85fc'abw \left(d - \frac{a}{2}\right) + As'(fs - 0,85fc')(d - d')$$

$$Mn = 0.85 \times 40 \times 61,91 \times 400 \left( 487,5 - \frac{61,91}{2} \right) \\ + (2455,36 - 0.85 \times 40)(487,5 - 40) \\ Mn = 44712,36 \text{ kgm} \\ \emptyset Mn = 0.9 \times 44712,36 = 40241,12 \text{ kgm} \\ \emptyset Mn = 40241,12 \text{ kgm} > Mu = 12315,88 \text{ kgm (OK)}$$

- Tulangan Positif di Lapangan  
Dikarenakan  $1/4 Mn^- > Mu^+$ , digunakan  $1/4 Mn^-$  tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times bw \times dx} = \frac{11301,84 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 487,5} = 1,32 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,76} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 1,32}{400}} \right) = 0.00337$$

$\rho_{min} > \rho$ , maka dipakai  $\rho_{min} = 0.003953$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,003953 \times 400 \times 487,5 = 770,8 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1964,29}{491,074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 4 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 4 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 66,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A \text{ (D25)}$$

$$As \text{ pakai} = 4 \times 491,074 = 1964,29 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan  
4 D25**

- Tulangan Negatif di Lapangan

Dikarenakan  $0.5 \times 0.25 \text{ Mn}^-$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{5650,92 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 487,5} = 0,66 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,76} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,94}{400}} \right) = 0.0016$$

$\rho_{min} > \rho$ , maka dipakai  $\rho_{min} = 0.003953$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003953 \times 400 \times 487.5 = 770.81 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{770.81}{491.074}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A \text{ (D25)}$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982,14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Negatif Lapangan 2 D25**

Perhitungan momen nominal balok lapangan bawah

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times bw \times fc}$$

$$= 57,77 \text{ mm}$$

$$M^+ = 0,9 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 0,9 \times 1964,29 \times 400 (487,5 - 57,77/2) \times 10^{-6}$$

$$= 324,31 \text{ kNm} = 33070,05 \text{ kgm} > Mu = 8892,65 \text{ kgm}$$

Perhitungan momen nominal balok lapangan atas

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times bw \times fc}$$

$$= 28,88 \text{ mm}$$

$$M^- = 0,9 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 0,9 \times 982,14 \times 400 (487,5 - 28,88/2)$$

$$= 167,26 \text{ kNm} = 17055,77 \text{ kgm} > Mu = 2632,16 \text{ kgm}$$

❖ Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{AS}{bw \times dx} = \frac{1964,29}{400 \times 487,5} = 0,01$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw \times dx} = \frac{982,14}{400 \times 487,5} = 0,00503$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85fc'd'}{dx \times fy} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - fy}\right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 \times 40 \times 40}{487,5 \times 400} \times 0,764 \times \left(\frac{600}{600 - 400}\right) = 0,016$$

$$\rho - \rho' = 0,0106 - 0,00503 = 0,00503$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0,0106 < 0,016 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$fs = 600 x \left| 1 - \frac{0,85 x \beta 1 x fc' d'}{(\rho - \rho') x fy} x \frac{d'}{d} \right| < fy$$

$$fs = 600 x \left| 1 - \frac{0,85 x 0,764 x 40}{(0,00503) x 400} x \frac{40}{487,5} \right| < 400$$

$$fs = 34,99 < 400$$

$$a = \frac{As x fy - As' x fs}{0,85 x bw x fc}$$

$$a = \frac{1964,3 x 400 - 982,14 x 34,99}{0,85 x 400 x 40}$$

$$a = 57,7 \text{ mm}$$

$$Mn = 0,85 fc' abw \left( d - \frac{a}{2} \right) + As' (fs - 0,85 fc') (d - d')$$

$$Mn = 0,85 x 40 x 57,7 x 400 \left( 487,5 - \frac{57,7}{2} \right)$$

$$+ 982,14 (34,99 - 0,85 x 40) (487,5 - 40)$$

$$Mn = 36035,65 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 0,9 x 36035,65 = 32432,08 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 32432,08 \text{ kgm} > Mu = 8892,65 \text{ kgm} (\text{ok})$$

❖ Kontrol Balok T

$$be < \frac{L}{4} = \frac{7500}{4} = 1875 \text{ mm (menentukan)}$$

$$be < bw + 16hf = 400 + 16x140 = 2280 \text{ mm}$$

$$be < \text{center to center of adjacent beam} = 3750 \text{ mm}$$

Depth of block stress

$$a = \frac{Asfy}{0,85 fc' be} = \frac{1964,29 x 400}{0,85 x 40 x 1875} = 12,35 < 140 \text{ mm}$$

The beam be considered as rectangular

$$Mn = As fy \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1964,29 x 400 \left( 487,5 - \frac{12,35}{2} \right)$$

$$Mn = 37819,4 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 0,9 x 37819,4 = 34037,44 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 34037,44 \text{ kgm} > Mu = 8892,65 \text{ kgm} (\text{ok})$$



Check For the Strain  $\epsilon_t \geq 0.005$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{12,35}{0,764} = 16,12$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d - c}{c} \right) = 0,003 \left( \frac{487,5 - 16,12}{16,12} \right) = 0,088$$

$$\epsilon_t = 0,088 > 0,005 \text{ (ok)}$$

- b. Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit  
Untuk nilai beton 0,8 fc' sebesar 32 Mpa (umur beton 10 hari)

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_{ci}}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{32}}{400} = 0,00353$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$dx = 430 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 367,5 \text{ mm}$$

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.

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

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} x q u x Lx^2 + \frac{1}{4} x Pd x L$$

$$M_{\text{lapangan}} = 24353,43 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,00353 \times 400 \times 367,5 = 518,91 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{518,91}{491,074}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491,074 = 982,14 \text{ mm}^2$$

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

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok induk dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,00353 \times 400 \times 367,55 = 518,98 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{581,98}{491,074}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

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

- Tulangan Positif di Lapangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 32} = 14,71$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times x} = \frac{24353,43 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 367,5} = 5,01 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{14,71} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,71 \times 5,01}{400}} \right) =$$

$$\rho_{\min} < \rho, \text{ maka dipakai } \rho = 0,014$$

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

$$A_{S\text{perlu}} = 0,014 \times 400 \times 367,5 = 1911 \text{ mm}^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_S \text{ perlu}}{A_S(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1911}{491,074}$$

$n \text{ tulangan} \approx 5 \text{ buah}$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 4 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 66,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

As pakai =  $n \times A (D25)$

$$As \text{ pakai} = 5 \times 491.074 = 2455.36 \text{ mm}^2$$

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

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00353 \times 400 \times 367,5 = 518,91 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{518,91}{491.074}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

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

- Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

Untuk nilai beton sebesar  $0,5 f_c' = 20 \text{ Mpa}$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3:

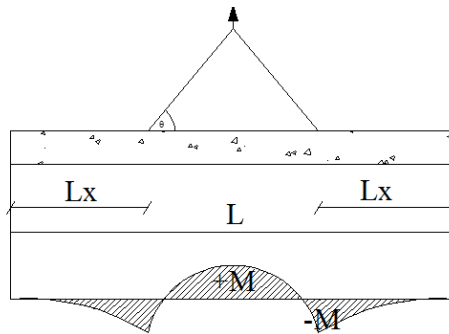
$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{20}}{400} = 0,0028$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 41. Pengangkatan Balok

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

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

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{43}{2} = 21,5 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 40x 43^3 = 265023,33 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 21,5 + 5 = 26,5 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 750 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{L \times \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} x \left( 1 + \frac{4yc}{L \times \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0,232$$

$$XL = 750 \times 0,232 = 173,75 \text{ cm}$$

$$W = 577,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 872,33 \text{ kgm}$$

$$- M = 872,33 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $p_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0035 \times 400 \times 367,5 = 514,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{514,5}{491,074}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

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

- Tulangan positif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,00353 \times 400 \times 347,5 = 490,67 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{490,67}{491,074}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2 D25**

- Tulangan Positif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,0035 \times 400 \times 367,5 = 514,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{514,5}{491,074}$$

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

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2 D25**

- Tulangan Negatif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,0035 \times 400 \times 367,5 = 514,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{514,5}{491,074}$$

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

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D25 - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

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



Tabel 4. 27. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Kode	B2		B3	
	Tulangan	Tulangan	Tulangan	Tulangan
Penampang Balok	300 mm x 450 mm		400 mm x 550 mm	
Bentang	5,3 m		7,5 m	
Decking	40		40	
Atas	3 D25	2 D25	5 D25	2 D25
Tengah				
Bawah	2 D25	3 D25	2 D25	4 D25
Sengkang	2 $\phi$ 10 - 60 mm	2 $\phi$ 10 - 140 mm	2 $\phi$ 10 - 35 mm	2 $\phi$ 10 - 100 mm

Kode	B4		B5	
	Tulangan	Tulangan	Tulangan	Tulangan
Penampang Balok	250 mm x 350 mm		250 mm x 400 mm	
Bentang	2,6 m		3,75 m	
Decking	40		40	
Atas	3 D25	2 D25	3 D25	2 D25
Tengah				
Bawah	2 D25	3 D25	3 D25	3 D25
Sengkang	2 $\phi$ 10 - 70 mm	2 $\phi$ 10 - 140 mm	2 $\phi$ 10 - 45 mm	2 $\phi$ 10 - 130 mm

#### 4.5.2.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk

##### ➤ 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 :

$$M_{pr} = A_s \times 1.25 \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1.25 \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b \times w}$$

$$M_{pr 1} = 543,08 \text{ kNm}$$

$$M_{pr 2} = 230,53 \text{ kNm}$$

$$L_n = 7,2 \text{ m}$$

$$W_u = 32.69 \text{ Kg/m}$$

$V_{act} = 214,87 \text{ kNm}$  (Analisis program bantu ETABS)

- Analisa terhadap gempa kiri & kanan

$$V_u = \frac{543,08 + 230,53}{7,2} - \frac{32.69 \times 7,2}{2}$$

$$V_u = -10,24 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{543,08 + 230,53}{7,2} + \frac{32.69 \times 7,2}{2}$$

$$V_u = 225,13 \text{ kN} + V_{act} = 440 \text{ kN}$$

- Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$ , apabila:

- $M_{pr} > 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$

$$\frac{543,08 + 230,53}{7,2} > 0,5 \times 214,87$$

$$107,45 \text{ kN} > 107,43 \text{ kN (OK)}$$

- Gaya Aksial Tekan  $< 0,2 \times A_g \times f_c'$

$$\frac{21910,56}{100} < \frac{0,2 \times 400 \times 550 \times 40}{1000}$$

$$219,11 \text{ kN} < 1760 \text{ kN (OK)}$$

Karena syarat diatas tidak terpenuhi, maka  $V_c$  dapat dianggap 0

$$V_s = \frac{440 - 0}{\phi}$$

$$V_s = 488,89 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi'^2$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.14 \text{ mm}^2$$

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

$$S = \frac{157,14 \times 240 \times 487,5}{488,89 \times 1000} = 37,61 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa syarat jarak antar sengkang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

$$\frac{d}{4} = \frac{487,5}{4} = 121,875 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan 2  $\phi$ 10-35 mm**

Sengkang yang dipasang 2  $\phi$ 10 mm sejarak 35 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

- $S_{max}$  sepanjang sendi plastis di ujung balok  
 $2 \times h = 2 \times 550 = 1100 \text{ mm}$
- 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:

$$V_s = \frac{2}{3} \times b w x d x \sqrt{f_c}$$

$$V_s = \frac{\frac{2}{3} \times 400 \times 487,5 \times \sqrt{40}}{1000} = 822,192 \text{ kN}$$

$$V_{smax} = 822,19 \text{ kN} > V_s = 488,89 \text{ kN (OK)}$$

- Pemasangan Sengkang di Luar Daerah Sendi Plastis

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} x b w x d x$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{40} \times 400 \times 487,5}{1000} = 205,54 \text{ kN}$$

Syarat :

1. tidak butuh tulangan geser  
 $V_u \leq 0.5 \phi V_c$
2. Butuh tulangan geser Minimum  
 $0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$
3. butuh tulangan geser  
 $\phi (V_c + v_s \text{ min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s, \text{ max})$

$$V_{u2h} = 155,63 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c = 92.5 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 185 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 254.37 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ max}}) = 924.97 \text{ kN}$$

Sehingga memenuhi kondisi 2, maka digunakan tulangan geser minimum.

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{155,63}{0.9} = 172,92 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D'^2$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{max}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{157,14 \times 400 \times 487,5}{172,92 \times 1000} = 106,32 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{2} = \frac{487.5}{2} = 243,75 \text{ mm}$$

**Dari syarat diatas maka digunakan tulangan Geser 2D10  
- 100 mm**

➤ Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$Vu = 86,34 \text{ kN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} x \sqrt{f'c'} x bw x dx$$

$$Vc = \frac{1}{6} x \sqrt{32} x 400 x 367,5 = 138592,93 \text{ N} = 138,6 \text{ kN}$$

$$\emptyset Vc = 0,9 x 138,6 \text{ kN} = 124,74 \text{ kN}$$

$$0,5\emptyset Vc = 0,5 x 124,74 = 62,37 \text{ kN}$$

$$0,5\emptyset Vc < Vu < \emptyset Vc \rightarrow \text{Diperlukan tulangan minimum}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{Vu}{\emptyset}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{86,34}{0,9} = 95,93 \text{ kN}$$

$$As \text{ D10} = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$As \text{ D10} = \frac{1}{4} x \pi x 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$Av = 2 x As \text{ D10}$$

$$Av = 2 x 78,57 = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ maks} = \frac{Av x fy x dx}{Vs}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157,4 x 240 x 367,5}{95,93 x 1000} = 144,48 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{367,5}{4} = 91,88 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 x 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-90 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempap pada kedua ujung harus disasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{367,5}{2} = 173,75 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-170 mm**

#### 4.5.2.5 Perhitungan Tulangan Torsi

Dimensi balok Induk B1 = 40/55 cm

Tu Etabs = 78,08 kNm

Pada kasus ini balok induk termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2 (a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_n = \phi 0,33 \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right)$$

$$T_n = \frac{0,75 \times 0,33 \sqrt{40} \left( \frac{(400 \times 550)^2}{(2(400 + 550))^2} \right)}{1000000} = 39,87 \text{ kNm}$$

Tu > Tn

50,4 kNm > 39,87 kNm (Perlu penulangan Torsi)

Vu = 219,11 kN

Acp = 220000 mm<sup>2</sup>

Pcp = 1900 mm<sup>2</sup>

Aoh = 142600 mm<sup>2</sup>

Poh = 1540 mm<sup>2</sup>

$$V_c = 209659 \text{ N}$$

- Cek Penampang Balok Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66\sqrt{fc'}\right)$$

$$3,66 < 3,94 \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

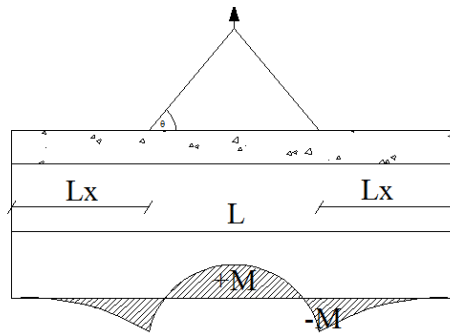
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi  $A_o$  dapat di ambil sama dengan  $0,85 \cdot A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$ .

$$\begin{aligned} \theta &= 45^\circ \\ A_o &= 121210 \text{ mm}^2 \\ A_{t/s} &= 1,074 \\ A_s \text{ Torsi} &= 1653,37 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ D25} &= 491,07 \text{ mm}^2 \\ n &= 4 \text{ Buah} \end{aligned}$$

**Sehingga digunakan tulangan torsi 4 D25**

#### 4.5.2.6 Pengangkatan Balok Induk

Dalam pemasangan balok Induk pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk Balok. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B3 dengan dimensi 40 x 43 cm dengan 2 titik pengangkatan.



Gambar 4. 41. Titik Angkat Balok Induk

- **Perhitungan Tulangan Angkat Balok**

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,43 \times 0,4 \times 7,5 \times 2400 \\
 &= 3096 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = K \times 1,4DL$$

Dimana,

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

$$q = 1.2 \times 1,4 \times 3096$$

$$q = 5201,28 \text{ Kg}$$

Gaya angkat  $T_u$  setiap tulangan :

$$T_u = \frac{q}{2}$$

$$= \frac{5201,28}{2}$$

$$T_u = \frac{100}{2}$$

$$T_u = 26,01 \text{ kN}$$



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

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

$$\sigma_{ijin} = \frac{400}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2666,67 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 26,01 \times 100}{\pi \times 2666,67}}$$

$$D = 1.2 \text{ cm} \approx 12 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D15

- **Kontrol Tulangan Angkat**

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

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

Dimana,

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{f'c'}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{20}}{1.5} = 2,08 \text{ Mpa}$$

- 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:

$$+ M = 872,33 \text{ kgm}$$

$$- M = 872,33 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0,40 \times (0,43)^2$$

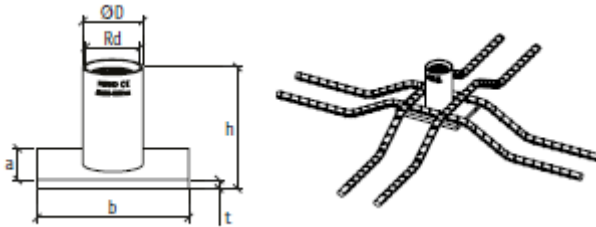
$$Z = 0,0123 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{\text{Balok}} = \frac{872,33}{0,0123} \times \frac{10}{1000000}$$

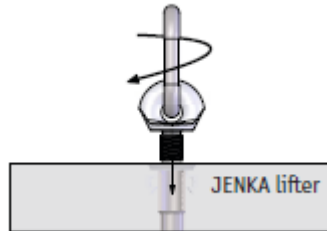
$$\sigma_{\text{Balok}} = 0,71 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2,95 \text{ Mpa (OK)}$$

- **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Di setiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ .



Gambar 4. 42. Profil PSA dan Perkuatan

Gambar 4. 43. Kait *Jenka Lifter*

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok Induk pracetak gedung apartemen The Conexio LRT Superblock:

Tabel 4. 28. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Setelah Tulangan Torsi

Kode	B2		B3 TORSI	
	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	300 mm x 450 mm		400 mm x 550 mm	
Bentang	5,3 m		7,5 m	
Decking	40		40	
Atas	3 D25	2 D25	6 D25	3 D25
Tengah			2 D25	
Bawah	2 D25	3 D25	3 D25	5 D25
Senggang	2 $\phi$ 10 - 60 mm	2 $\phi$ 10 - 140 mm	2 $\phi$ 10 - 35 mm	2 $\phi$ 10 - 100 mm

Kode	B4		B5 TORSI	
	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	250 mm x 350 mm		250 mm x 400 mm	
Bentang	2,6 m		3,75 m	
Decking	40		40	
Atas	3 D25	2 D25	3 D25	2 D25
Tengah			2 D25	
Bawah	2 D25	3 D25	2 D25	3 D25
Senggang	2 $\phi$ 10 - 40 mm	2 $\phi$ 10 - 90 mm	2 $\phi$ 10 - 45 mm	2 $\phi$ 10 - 130 mm

#### 4.5.2.7 Elemen Kolektor

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.10.2 elemen kolektor harus disediakan yang mampu menyalurkan gaya gempa yang berasal dari bagian lain struktur ke elemen yang menyediakan tahanan terhadap gaya tersebut. Untuk pembebanan dihitung dari gaya-gaya yang dihasilkan dari aplikasi,  $F_x$  pada struktur dalam kombinasi pembebanan yang menggunakan faktor kuat lebih.

$$(1,2 + 0,2 Sds)D + \Omega_0 Q_e + L + 0,2S$$

$$(0,9 - 0,2 Sds)D + \Omega_0 Q_e + 1,6H$$

Dan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.3.34 untuk kategori desain seismik E gaya desain harus ditingkatkan sebesar 25 persen. Untuk contoh perhitungan terhadap elemen balok (B3) didapatkan hasil momen sebagai berikut:

$$M_{\text{tumpuan atas}} = 46909,61 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tumpuan bawah}} = 15394,85 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan bawah}} = 11115,8 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan Atas}} = 3290,2 \text{ kgm}$$

$$V_u = 21910,56 \text{ kg}$$

$$T_u = 78,08 \text{ kNm}$$

Dengan melakukan perhitungan seperti 4.5.2.3, didapatkan hasil perhitungan elemen kolektor pada balok induk B3, B4, dan B5 sebagai berikut:

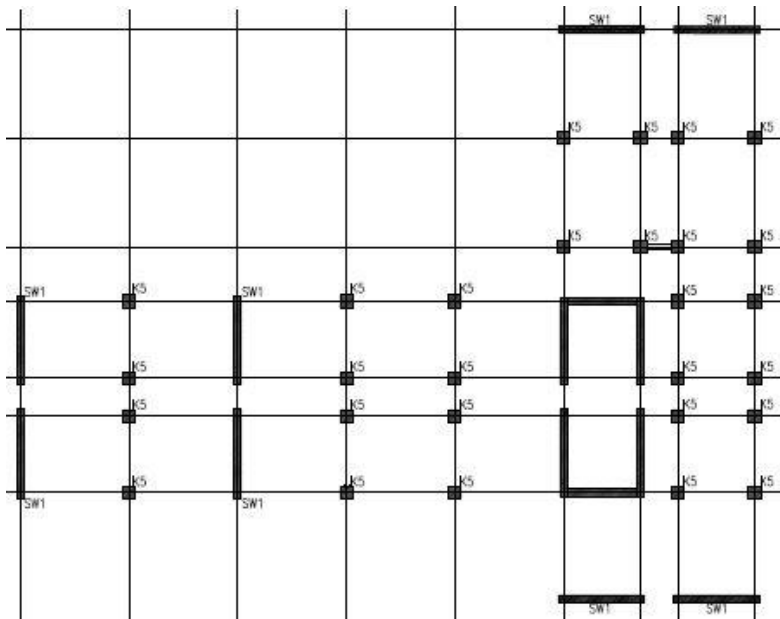
Tabel 4. 29. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Kolektor

Kode	B3 Kolektor		B4 Kolektor		B5 Kolektor	
	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	400 mm x 550 mm		250 mm x 350 mm		250 mm x 400 mm	
Bentang	7,5 m		2,6 m		3,75 m	
Decking	40		40		40	
Atas	8 D25	3 D25	5 D25	2 D25	5 D25	2 D25
Tengah	2 D25				2 D25	
Bawah	4 D25	6 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
Sengkang	2 $\phi$ 10 - 90 mm	2 $\phi$ 10 - 120 mm	2 $\phi$ 10 - 60 mm	2 $\phi$ 10 - 80 mm	2 $\phi$ 10 - 80 mm	2 $\phi$ 10 - 150 mm

### 4.5.3 Perencanaan Kolom Pracetak

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 3 tipe kolom dengan data sebagai berikut :

- Dimensi Kolom Atap – Lt. 25 (K1) = 55 x 55 cm
- Dimensi Kolom Lt. 24 – 20 (K2) = 65 x 65 cm
- Dimensi Kolom Lt. 19 – 15 (K3) = 70 x 70 cm
- Dimensi Kolom Lt. 14 – 9 (K4) = 80 x 80 cm
- Dimensi Kolom Lt. 8 – 3 (K5) = 85 x 85 cm
- Dimensi Kolom Lt. UG – GF (K6) = 95 x 95 cm



Gambar 4. 44. Denah Kolom Pracetak

#### 4.5.3.1 Data Perencanaan Kolom Pracetak

Pada penulisan ini, akan diberikan contoh perhitungan kolom Lantai 8 – 3 (K5). Berikut merupakan data perencanaan kolom pracetak gedung Apartemen The Conexio:

- Dimensi Kolom : 85 x 85 cm
- Tinggi Lantai (h) : 3,1 m
- Tebal Decking (d') : 40 mm
- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 400 Mpa
- D (longitudinal) : 29 mm
- D'(transversal) : 16 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 85 x 85 cm, yaitu :

$P_{max}$  : 10904,8 kN

$V_u$  max: 97,2 kN

$M_x$  : 273,84 kNm

$M_y$  : 100,8 kNm

T : 16,92 kNm

#### 4.5.3.2 Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 ps1 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK Menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $> A_g \times f_c/10$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi kondisi sebagai berikut:

$$P_u > A_g \times \frac{f_c'}{10}$$

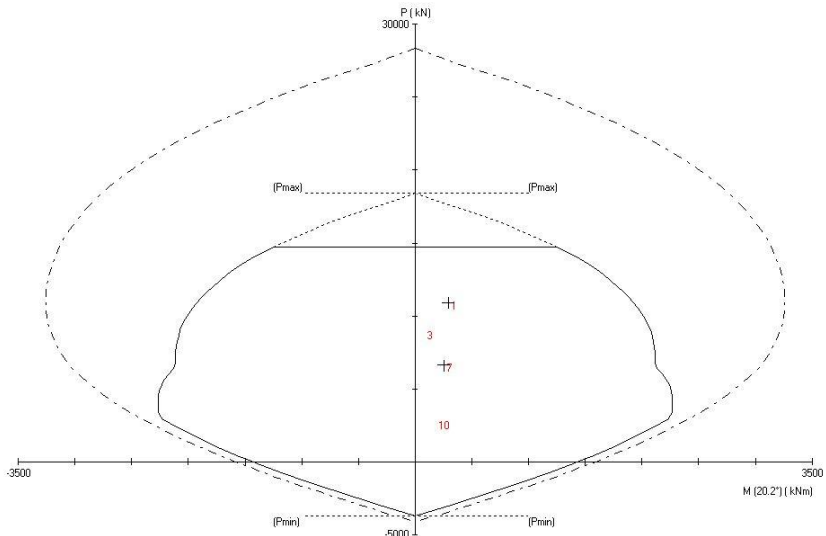
$$10904,8 \text{ kN} > 850 \times 850 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000} = 2890 \text{ kN}$$

Sehingga, harus memenuhi persyaratan seperti dijelaskan pada pasal 21.6.1

- Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm  
 $850 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$  (*ok*)
- Rasio dimensi harus lebih besar dari 0.4  
 $\frac{850}{850} = 1 > 0.4$  (*ok*)

#### 4.5.3.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan kolom menggunakan program bantu SPColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 4. 45. Output Program Bantu SPColumn

Dari hasil analisa program bantu SPColumn, didapatkan jumlah tulangan 20 D29.

Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal terkecil yang ada pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\phi Mn > Mu$$

$$0,9 \times 419,63 = 377,67 \text{ kNm} > 273,84 \text{ kNm (ok)}$$

#### 4.5.3.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Menurut SNI 2847 :2013 psl 21.6.3.1 , luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0.01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag.

$$Ast = 20 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 29^2 = 13215,71 \text{ mm}^2$$

$$Ag = 850 \times 850 = 722500 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat pada SpColumn diperoleh tulangan longitudinal 20 D29 dengan rasio tulangan = 1,79 % (OK)

#### 4.5.3.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0,8 \times \phi (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y (A_{st})))$$

$$\phi P_n = 0,8 \times 0,65 (0,85 \times 40(722500 - 13215,71) + (400(13215,71)))$$

$$\phi P_n = 15289,01 \text{ kN} > P_u = 10904,8 \text{ kN (ok)}$$

#### 4.5.3.6 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

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

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

Di mana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat strong column weak beam.



Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong column weak beam. Dari SpColumn, kolom K3 pada *Station* 2,55m didapatkan nilai  $\phi M_{ncx} = 165491,38$  kgm dan  $\phi M_{ncy} = 37919,31$  kgm dan pada kolom K3 lantai atas pada *Station* 0 didapatkan  $\phi M_{ncx} = 189022,44$  kgm dan  $\phi M_{ncy} = 68370,19$  kgm. Dan untuk nilai momen nominal balok tumpuan atas dan tumpuan bawah akan dilihat yang akan terjadi apabila kolom bergoyang ke kiri dan ke kanan yang ditinjau dari balok B3, B2, dan B4.

Mnb <sub>2</sub> tumpuan atas	= 144,68 kNm
Mnb <sub>2</sub> tumpuan bawah	= 74,9 kNm
Mnb <sub>4</sub> tumpuan atas	= 203,54 kNm
Mnb <sub>4</sub> tumpuan bawah	= 184,77 kNm
Mnb <sub>3</sub> tumpuan atas	= 398,99 kNm
Mnb <sub>3</sub> tumpuan bawah	= 167,26 kNm

Dilihat apabila kolom bergoyang ke kiri, Mnbalok B2 dan B4 dikalikan dengan faktor sebesar 1,2 didapatkan Mnbkiri sebesar 40313,61 kgm. Dan apabila kolom bergoyang ke kanan, didapatkan Mnbkanan sebesar 34071,7 kgm.

Dilihat apabila kolom bergoyang ke kiri, Mnbalok B3 dan B3 dikalikan dengan faktor sebesar 1.2 didapatkan Mnbkiri sebesar 69289,97 kgm. Dan apabila kolom bergoyang ke kanan, didapatkan Mnbkanan sebesar 69289,97 kgm.

$$\sum M_{ncx} > 1.2 \sum M_{nb} \text{ 3 goyang kiri}$$

$$374994,89 \text{ kgm} > 69289,97 \text{ kgm (OK)}$$

$$\sum M_{ncx} > 1.2 \sum M_{nb} \text{ 3 goyang kanan}$$

$$374994,89 \text{ kgm} > 69289,97 \text{ kgm (OK)}$$

$$\sum M_{ncy} > 1.2 \sum M_{nb2,4} \text{ goyang kiri}$$

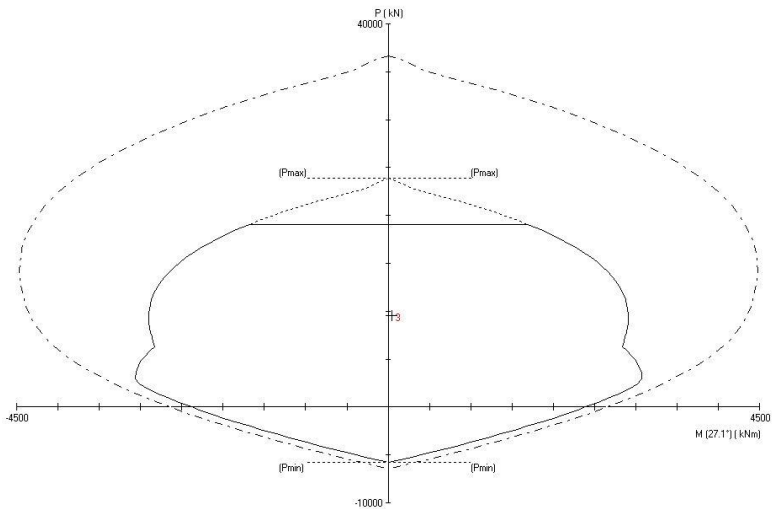
$$115093,76 \text{ kgm} > 40313,61 \text{ kgm (OK)}$$

$$\sum M_{ncy} > 1.2 \sum M_{nb2,4} \text{ goyang kanan}$$

$$115093,76 \text{ kgm} > 34071,7 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.5.3.7 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana,  $V_e$ , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1. Berikut diagram interaksi yang dihasilkan dari SPColumn untuk perhitungan gaya geser:



Gambar 4. 46 Output Program Bantu SPColumn

$$f_s = 1,25 f_y = 1,25 \times 400 = 500 \text{ Mpa}$$

$$L_n = 2,35 \text{ m}$$

$$M_{pr} = 1945,23 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1945,2}{2,35} = 1656 \text{ kN} > V_u = 97,2 \text{ kN} (\text{ok})$$

#### 4.5.3.8 Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang lo harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash) dengan spasi sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3.

- Pemasangan Tulangan didaerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

$$\frac{1}{4}b = \frac{1}{4} \times 700 = 175 \text{ mm}$$

$$6db = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right) = 132,89 \text{ mm}$$

Sehingga, direncanakan tulangan geser didaerah sendi plastis adalah 130 mm.

Ash min sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$bcx = 850 - 2 \times 40 - 2 \times 16 = 738 \text{ mm}$$

$$Ach = (700 - 2 \times 40)^2 = 592900 \text{ mm}^2$$

$$Ashx = 0,3 \frac{s \times bcx \times f'c'}{f_y} \left( \frac{A_g}{Ach} - 1 \right) = 483,95 \text{ mm}^2$$

$$Ash1 = \frac{0,09 s \times bcx \times f'c'}{f_y} = 664,2 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ Pakai} = 4 \times AS(D16) = 804,57 \text{ mm}^2$$

**Sehingga digunakan tulangan 4D16-130 mm**

- Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom diluar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

$$6db = 6 \times 29 = 174 \text{ mm} \\ \leq 150 \text{ mm}$$

sehingga digunakan tulangan 4D16-150 mm

#### 4.5.3.9 Kontrol Kebutuhan Torsi

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila momen puntir kurang dari:

$$\begin{aligned} P_u &= 10904,8 \text{ kN} \\ T_u &= 16,92 \text{ kNm} \\ A_g &= 722500 \text{ mm}^2 \\ A_{cp} &= 722500 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= 3400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{P_u}{0.33 \sqrt{f_c}}}$$

$$T_n = 597,58 \text{ kNm} > T_u = 16,92 \text{ kNm} \text{ (Torsi diabaikan)}$$

#### 4.5.3.10 Pengangkatan Kolom Pracetak

Pengangkatan kolom diasumsikan dihitung sebagai balok. Contoh perhitungan pengangkatan kolom menggunakan kolom K5 (85x85 cm).

- **Perhitungan Tulangan Angkat Kolom**

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 3,1 \times 2400 \\ &= 5375,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$q = K \times 1,4DL$$

Dimana,

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

$$q = 1.2 \times 1,4 \times 5375,4$$

$$q = 9030,67 \text{ Kg}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$Tu = q / 2$$

$$Tu = 90,31 \text{ kN} / 2$$

$$Tu = 45,155 \text{ kN}$$

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

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

$$\sigma_{ijin} = \frac{400}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2666,67 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 45,155 \times 100}{\pi \times 2666,67}}$$

$$D = 2,1 \text{ cm} \approx 21 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D25

- **Kontrol Tulangan Angkat**

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

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

Dimana,

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{f'c'}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{20}}{1.5} = 2,08 \text{ Mpa}$$

- 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:

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg}\theta} \right) \text{ dan } -M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg}\theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left( 1 + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg}\theta} \right)} \right)}$$

$$Y_t = Y_b = \frac{85}{2} = 42,5 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 85 \times 85^3 = 4350052,083 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 47,5 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 47,5}{310 \times \text{tg}45^\circ}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{18}{18} \left( 1 + \frac{4 \times 47,5}{310 \times \text{tg}45} \right)} \right)} = 0,308$$

$$X \times L = 0,308 \times 310 = 95,55 \text{ cm} = 0,95 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 3,1 - 2 \times 0,95 = 1,2 \text{ m}$$

$$W = 1,4 \times 0,85 \times 0,85 \times 2400 = 2427,6 \text{ kg/m}$$

$$+M = \left( \frac{2427,6 \times 3,1^2}{8} \left( 1 - 4 \times 0,308 + \frac{4 \times 0,475}{3,1 \times \text{tg}45} \right) \right)$$

$$+M = 1110,77 \text{ kgm}$$

$$-M = \left( \frac{2427,6 \times 0,308^2 \times 3,1^2}{2} \right) \times 1,2$$

$$-M = 1327,86 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times h \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0,85 \times (0,85)^2$$

$$Z = 0,0102 \text{ m}^3$$

$$\sigma \text{ Kolom} = \frac{1108,16}{0,0102} \times \frac{10}{1000000}$$

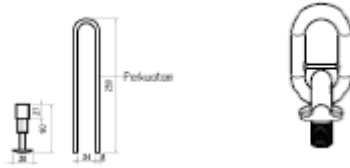
$$\sigma \text{ Kolom} = 0,11 \text{ Mpa} < \sigma \text{ ijin} = 2,95 \text{ Mpa (OK)}$$

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan pengangkatan kolom:

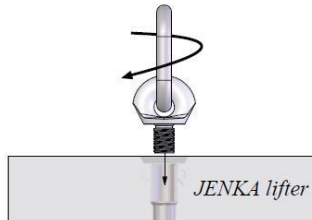
Tabel 4. 30. Rekapitulasi Pengangkatan Kolom

Kolom	Lx (m)	Momen Positif (kgm)	Momen Negatif (kgm)	Tulangan Angkat	$\sigma$ balok (Mpa)	$\sigma$ ijin (Mpa)
K1	0,8	376,663	451,996	D16	0,136	2,951
K2	0,8	565,835	679,002	D16	0,124	2,951
K3	0,9	679,683	815,620	D16	0,119	2,951
K4	0,9	950,006	1140,007	D22	0,111	2,951
K5	0,9	1108,161	1329,794	D25	0,108	2,951
K6	1,3	1474,753	1769,704	D29	0,103	2,951

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis JENKA Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah *JENKA BSA Short Inset dengan kait JL*. Di satu titik angkat profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ .



Gambar 4. 46. Profil BSA dan Perkuatan Kait JL

Gambar 4. 47. *JENKA Lifter*

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan kolom pracetak gedung apartemen The Conexio LRT Superblock:

Tabel 4. 31. Rekapitulasi Penulangan Kolom Pracetak

Type	K1		K2	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Penampang Kolom	55 x 55		65 x 65	
Tulangan	12 D29		12 D29	
Begel	3D16 - 130 mm	3D16 - 150 mm	3D16 - 150 mm	3D16 - 150 mm

Type	K3		K4	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Penampang Kolom	70 x 70		80 x 80	
Tulangan	12 D29		12 D29	
Begel	3D16 - 150 mm	3D16 - 150 mm	4D16 - 130 mm	4D16 - 150 mm



Type	K5		K6	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Penampang Kolom	85 x 85		95 x 95	
Tulangan	20 D29		20 D29	
Begel	4D16 - 130 mm	4D16 - 150 mm	4D16 - 120 mm	4D16 - 150 mm

#### 4.5.4 Perencanaan Dinding Geser (*ShearWall*)

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Perencanaan dinding geser dibedakan menjadi Dinding Geser Arah X dan dinding Geser Arah Y. Pada perhitungan ini, akan diberikan contoh perhitungan dinding geser arah Y.

##### 4.5.4.1 Data Perencanaan

Dinding geser arah Y menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu Y. Terdapat 4 dinding geser arah Y dengan bentang masing-masing 4 m. Berikut merupakan data perencanaan dinding geser arah Y:

- Tebal Dinding (t) : 45 cm
- Lebar Dinding (l) : 5,3 m
- Tinggi Dinding (h) : 3,1 m
- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 400 Mpa
- $D_{\text{Longitudinal}}$  : 29 mm
- $D'_{\text{Transversal}}$  : 16 mm
- Decking ( $d'$ ) : 40 mm
- dx :  $450 - 40 - 0,5 \times 16 = 402$  mm
- $\delta$  : 60,48 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada shearwall yaitu:

$$P_u = 22079 \text{ kN}$$

$$M_u = 15254 \text{ kNm}$$

$$V_u = 894,73 \text{ kN}$$

#### 4.5.4.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 Psl. 14.5.3, Ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{25} \lambda c < \text{Tebal dinding } (t)$$

$$\frac{1}{25} 5300 = 212 \text{ mm} < 450 \text{ mm } (ok)$$

$$\frac{1}{25} 3100 = 124 \text{ mm} < 450 \text{ mm } (ok)$$

#### 4.5.4.3 Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2013, pasal 21.9.4.4, kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi :

$$Vn < 0,83Acv\sqrt{fc'}$$

$$Vn = \frac{Vu}{\phi} = \frac{894,73}{0,75} = 1192,97 \text{ kN}$$

$$0,83Acv\sqrt{fc'} = \frac{0,83 \times 450 \times 5300 \times \sqrt{40}}{1000} = 12519,77 \text{ kN}$$

$$Vn = 1192,97 < 0,83Acv\sqrt{fc'} = 12519,77 \text{ kN } (ok)$$

#### 4.5.4.4 Penulangan Geser Shearwall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 2847 : 2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi gaya geser nominal

$$Vu < 0,17Acv\sqrt{fc'}$$

$$1192,97 \text{ kN} < \frac{0,17 \times 5300 \times 450 \sqrt{40}}{1000}$$

$$1192,97 \text{ kN} < 2564,291 \text{ kN } (1 \text{ lapis tulangan})$$

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang 2 lapis tulangan.  
450 mm > 250 mm (2 Lapis Tulangan)

Dari kedua persyaratan tersebut, maka pada dinding geser arah Y dipasang 2 lapis tulangan.

#### 4.5.4.5 Penulangan Geser ShearWall Arah Y

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$Vu < \phi Vn$$

$$\phi Vn = Acv [ \alpha \sqrt{f'c'} + \rho n fy$$

$$\frac{h}{l} = \frac{85000}{5300} = 16,03 > 2, \text{ maka } \alpha = 0,17$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D16 Dengan s = 150 mm.

$$\rho n = \frac{As}{dx \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \pi \times 16^2}{302 \times 150} = 0,0066$$

$$\phi Vn = \frac{450 \times 5300 [0,25 \times \sqrt{40} + 0,0066 \times 400]}{1000} = 10135,54 \text{ kN}$$

$$Vu = 1192,97 \text{ kN} < \phi Vn = 10135,54 \text{ kN (OK)}$$

#### 4.5.4.6 Kontrol Rasio Tulangan

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.9.9.2 : rasio tulangan horisontal ( $\rho n$ ) tidak boleh kurang dari 0.0025, dipakai tulangan horisontal 2D16 dengan rasio tulangan

$$\rho n = 0,0066 > 0,0025 \text{ (OK)}$$

#### 4.5.4.7 Kontrol Spasi Tulangan Vertical dan Horizontal

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1 : Spasi tulangan vertikal dan tulangan horizontal tidak boleh lebih dari 450 mm.

$$S_{\text{transversal}} = 150 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{longitudinal}} = 150 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{5} = \frac{5300}{5} = 620 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 450 = 1350 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 150 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 : Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{5300}{3} = 1766,67 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 350 = 1350 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 150 \text{ mm (OK)}$$

#### 4.5.4.7 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.

$$\frac{M_u}{W} + \frac{P_u}{A_c} > 0,2 f_c$$

$$\frac{1}{6} \times \frac{15254 \times 10^6}{450 \times 5300^2} + \frac{22079 \times 10^3}{450 \times 5300} > 0,2 \times 40$$

$$9,27 \text{ Mpa} > 8 \text{ Mpa (butuh Komponen Batas)}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (Displacement Method) dimana element pembatas diperlukan apabila:

$$C > \frac{lw}{600 \times \left(\frac{\delta}{ht}\right)}, \frac{\delta}{ht} > 0,007$$

$$\frac{\delta}{ht} = \frac{60,48}{85 \times 1000} = 0,00071, \text{ maka digunakan } 0,007$$

$$C > \frac{5300}{600 \times 0,007} = 1261,9 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn, didapatkan nilai  $c = 2674 \text{ mm}$   
 $1261,9 \text{ mm} < 2659 \text{ mm}$ , (butuh komponen batas)

- Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari :

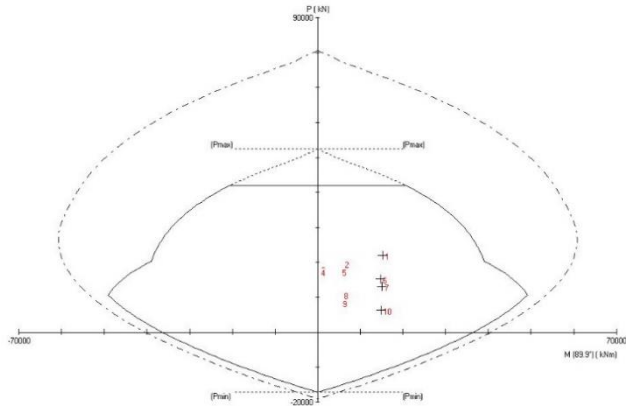
$$(c - 0.1 Lw) = 2659 - 0.1 * 5300 = 2129 \text{ mm}$$

$$c/2 = 2659/2 = 1329,5 \text{ mm}$$

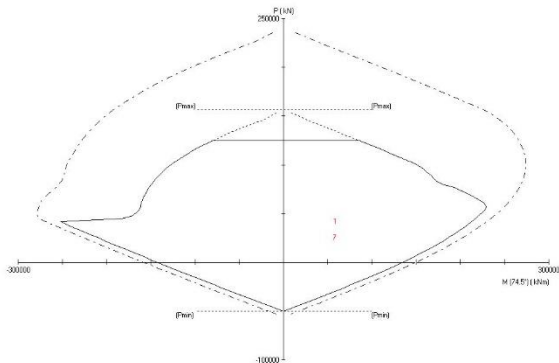
Sehingga digunakan jarak element pembatas = 2150 mm

#### 4.5.4.8 Kontrol Tulangan Longitudinal ShearWall

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan shearwall menggunakan program bantu SpColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 4. 48. Diagram Interaksi ShearWall 1



Gambar 4. 49. Diagram Interaksi ShearWall 2

Dari hasil analisa program bantu SpColumn, digunakan tulangan Longitudinal D29. Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal shearwall :

$$M_{nx} = 51114,09 \text{ kNm} > M_{ux} = 75 \text{ kNm (OK)}$$

$$M_{ny} = 51114,09 \text{ kNm} > M_{uy} = 10198,5 \text{ kNm (OK)}$$

Tabel 4. 32. Rekapitulasi Penulangan Shearwall

Rekapitulasi Penulangan		
Shearwall	Longitudinal	Transversal
SW1	D29-150mm	D16-150mm
SW2	D29-150mm	D16-150mm

## 4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

### 4.6.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup rumit.

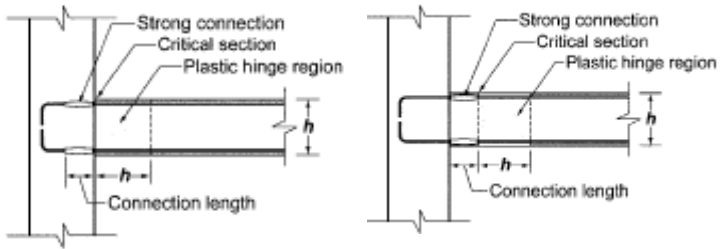
Untuk sambungan basah dalam daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton topping. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor

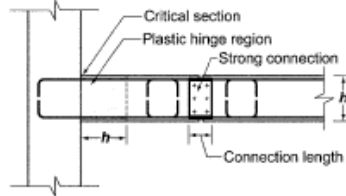
setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (cast in situ).

#### 4.6.2 Konsep Desain Sambungan

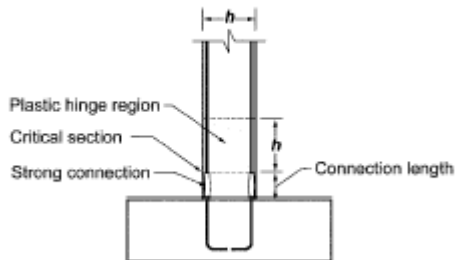
Konsep desain sambungan pada perencanaan gedung Apartemen The Conexio ini berdasarkan dengan detail sambungan yang disyaratkan pada ACI 318M-14 pasal 18.9 sebagai berikut:



Gambar 4. 50. Detail Sambungan Balok – Kolom



Gambar 4. 51. Detail Sambungan Balok-Balok



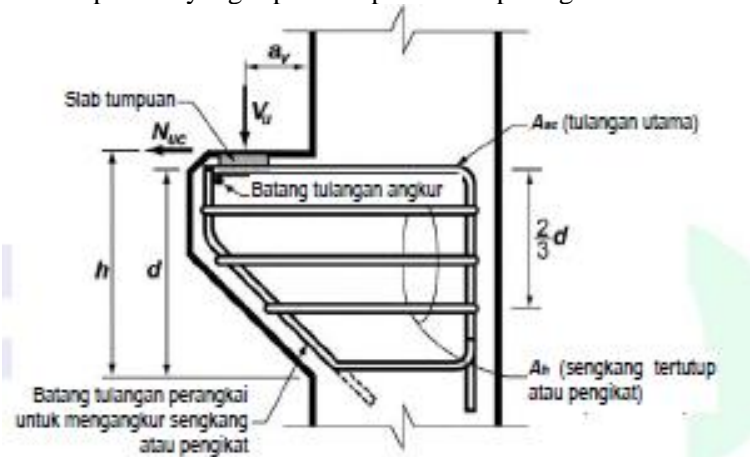


Gambar 4. 52. Detail Sambungan Kolom-Kolom

Sambungan direncanakan dengan menggunakan produk dari *Peikko Group* dan *NMB Splice Sleeve*. Sambungan antar balok – kolom dan balok – balok menggunakan *Modix Coupler* dari produk *Peikko* untuk menyalurkan tulangan antar elemen pracetak, dan untuk menahan beban balok dan geser friksi digunakan konsol pendek. Sedangkan untuk sambungan antar kolom-kolom menggunakan *Splice Sleeve* kemudian digROUT khusus dengan mortar mutu tinggi sehingga menjadi satu kesatuan.

#### 4.6.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom maupun balok induk dan balok anak, dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan begitupun antara balok induk dan balok anak. Perencanaan konsol tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 53. Geometrik Konsol Pendek

## ❖ Perhitungan Konsol Pendek

Dalam perencanaan konsol pendek, akan diberikan contoh perhitungan konsol pada kolom dan balok 40/55 cm. Berikut merupakan perhitungan konsol pendek pada kolom :

## ➤ Data Perencanaan:

$V_u$	: 214,87 kN
$N_u$	: 42,97 kN
$f_c'$	: 40 Mpa
$f_y$	: 400 Mpa
Decking ( $d'$ )	: 40 mm
$D_{\text{longitudinal}}$	: 19 mm
$D'_{\text{transversal}}$	: 16 mm
$b$	: 400 mm
$h$	: 300 mm
$dx$	: $h - d' - 0.5D = 250,5$ mm
$a_v$	: 200 mm
$l$	: 400 mm

## ➤ Menentukan Luasan Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.6.5, untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{214,87}{0,75} = 286,49 \text{ kN}$$

$$0,2 \times f_c' \times b \times w \times d = 0,2 \times 40 \times 400 \times 250,5 = 801,6 \text{ kN(ok)}$$

$$(3,3 + 0,08f_c') \times b \times w \times dx = (3,3 + 0,08 \times 40) \times 400 \times 250,5$$

$$(3,3 + 0,08f_c') \times b \times w \times dx = 651,3 \text{ kN(ok)}$$

$$11 \times b \times w \times dx = 11 \times 400 \times 250,5 = 1102,2,2 \text{ kN (ok)}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{286,49}{400 \times 1,4} = 511,6 \text{ mm}^2$$

➤ Luas Tulangan Lentur

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 akan digunakan Nuc minimum, sebagai berikut :

$$Mu = Vu \times a + Nuc(h - dx)$$

$$Mu = 214,87 \times 1000 \times 200 + 42,97(49,5) =$$

$$45101213 \text{ Nmm}$$

$$Af = \frac{Mu}{\phi f_y j d} = \frac{45101213}{0,75 \times 400 \times 0,85 \times 300} = 589,56 \text{ mm}^2$$

$$An = \frac{Nuc}{\phi f_y} = \frac{42,97}{0,75 \times 400} = 143,25 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Luasan Tulangan Primer

$$Asc = \frac{2}{3} Avf + An = \frac{2}{3} \times 511,6 + 143,25 = 484,31 \text{ mm}^2$$

$$Asc = Af + An = 589,56 + 143,25 = 732,81 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ pakai} = 732,81 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ min} = 0,04 \frac{f_c'}{f_y} bw dx = 0,04 \frac{40}{400} 400 \times 250,5$$

$$Asc \text{ min} = 400,8 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Luasan Tulangan Horizontal Tertutup

$$Ah = 0,5(Asc - An) = 0,5(732,81 - 143,25)$$

$$Ah = 294,78 \text{ mm}^2$$

• Menentukan Banyaknya Tulangan

$$As (D19) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 19^2 = 283,64 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Primer} = \frac{Asc}{As(D19)} = \frac{732,81}{283,64} \approx 3$$

$$n \text{ Sekunder} = \frac{Ah}{As (D16)} = \frac{294,78}{201,14} \approx 2$$

Maka digunakan tulangan utama 3D19 dan untuk di sepanjang  $(2/3)d$  dipasang tulangan 2D16

$$V_u = 214,87 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{214,87}{0,9} = 238,74 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 400 \times 250,5}{238740} = 111,4 \text{ mm}$$

Maka akan dipasang sengkang 2D13 – 100mm

- Luas Pelat Landasan

$$V_u = \phi \times 0,85 \times f'_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{V_u}{\phi \times 0,85 \times f'_c} = \frac{214870}{0,75 \times 0,85 \times 40} = 8426,3 \text{ mm}^2$$

Maka akan dipakai pelat landasan 100 x 400 mm<sup>2</sup>

Berikut merupakan gambar penulangan konsol pendek pada kolom dan balok 40/55

#### ❖ Rekapitulasi Konsol Pendek

Konsol pendek digunakan pada sambungan balok induk ke kolom. Selain itu juga digunakan pada sambungan balok anak ke balok induk, dengan perhitungan yang sama berikut merupakan tabel rekapitulasi penulangan konsol pendek:

### 4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok-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.

❖ Sambungan Balok 40/55 (B3) – Kolom

➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$db = 25 \text{ mm}$$

$$fc' = 40 \text{ Mpa}$$

$$fy = 400 \text{ Mpa}$$

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 x \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 x \frac{25}{\sqrt{40}} = 395,28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395,28 \frac{400}{400} \approx 395 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8x25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 400 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

• Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

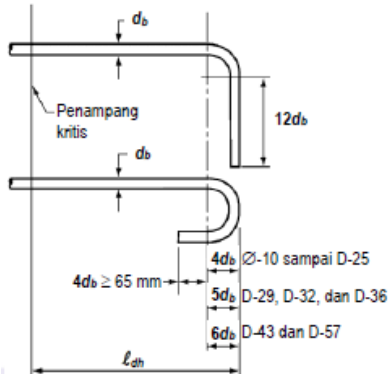
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{400}{\sqrt{40}} 25 = 379,47 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 430 \text{ mm}$



Gambar 4. 54. Detail batang tulangan dengan kait standar

Pada proses penyambungan antara kolom dan balok induk dilakukan overtopping 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.

#### 4.6.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan balok anak digunakan sambungan dengan konsol pendek. Balok anak diletakkan pada konsol pada balok induk yang kemudian menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

#### 4.6.5.1 Perencanaan Konsol pada Balok Induk

Data Perencanaan:

$$V_u = 49637,13 \text{ N}$$

$$\text{Dimensi balok anak} = 25/35$$

Dimensi konsol:

$$b_w = 250 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

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

$$D \text{ tulangan geser} = 13 \text{ mm}$$

$$d = 200 - 40 - 13 - 0,5 \times 16 = 139 \text{ mm}$$

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

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Panjang konsol} = 200 \text{ mm}$$

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$a/d = 100 / 139 = 0,72 < 1 \text{ (OK)}$$

$$V_n = V_u / \phi = 49637,13 / 0,75 = 66182,67 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2 (a), syarat nilai kuat geser  $V_n$  untuk beton normal adalah:

$$0,2 \times f'_c \times b_w \times d = 0,2 \times 40 \times 250 \times 139 = 278000 \text{ N}$$

$$(3,3 + 0,08 \cdot f'_c) b_w \cdot d = (3,3 + 0,08 \times 40) \times 250 \times 139 = 225875 \text{ N}$$

$$11 \times b_w \times d = 11 \times 250 \times 139 = 382250 \text{ N} > V_n$$

#### Luas Tulangan Geser Friksi:

Hubungan konsol dengan kolom monolit, beton normal maka nilai koefisien geser  $\mu = 1,4$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu} = \frac{66182,67}{400 \times 1,4} = 118,18 \text{ mm}^2$$

#### Luas Tulangan Lentur:

Perletakan yang digunakan dalam konsol penek ini adalah sendi-rol yang mengizinkan adanya deformasi arah lateral ataupun

horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangan panjangan dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan  $N_{uc}$  minimum.

$$N_{uc} = 0,2 \times V_u = 0,2 \times 49637,13 = 9927,43 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \cdot a + N_{uc}(h - d) \\ &= 49637,13 \times 100 + 9927,43(200 - 139) \\ &= 5569286,23 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,75 \times b_w \times d} = \frac{5569286,23}{0,75 \times 400 \times 139^2} = 0,96$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,76} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,96}{400}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,00243 < \rho_{min} = 0,003953$$

$$A_{f1} = \frac{M_u}{0,85 \times \phi \times f_y \times d} = \frac{5569286,23}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 139} = 157,12 \text{ mm}^2$$

$$A_{f2} = \rho \times b_w \times d = 0,00395 \times 250 \times 139 = 137,36 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 157,12 \text{ mm}^2$$

#### Tulangan Pokok As:

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{9927,43}{0,75 \times 400} \\ &= 33,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= A_f + A_n = 157,12 + 33,1 \\ &= 190,23 \text{ mm}^2 \text{ (kritis)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n = \frac{2 \times 118,18}{3} + 33,1 \\ &= 111,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{scmin} &= 0,04 \left( \frac{f'_c}{f_y} \right) \times b_w \times d = 0,04 \left( \frac{40}{400} \right) \times 250 \times 139 \\ &= 139 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$A_{sc} = 190,23 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan utama 2D16 ( $A_s = 402,12 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} A_h &= 0,5(A_{sc} - A_n) = 0,5(190,23 - 33,1) \\ &= 78,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan sengkang 2D16 (tul. utama), di sepanjang  $\frac{2}{3}d$

$$V_u = 49637,13 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{49637,13}{0,9} = 55155,56 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan geser 2D13 mm ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 400 \times 139}{55155,56} = 267,6 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 2D13 – 250

#### Luas Pelat Landasan:

$$V_u = \phi 0,85 \times f'_c \times A_l$$

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{V_u}{\phi \times 0,85 \times f'_c} = \frac{49637,13}{0,75 \times 0,85 \times 40} \\ &= 1946,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai pelat landasan  $250 \times 100$  ( $A_l = 25000 \text{ mm}^2$ ) dengan tebal 15 mm.

#### ❖ Sambungan Balok Anak 25/35 – Balok Induk 40/55

##### ➤ Data Perencanaan Sambungan:

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

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

##### • Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 128 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c'}} = 100 \times \frac{16}{\sqrt{40}} = 252,98 \text{ mm}$$

$$ldh = 252,98 \frac{400}{400} \approx 252,98 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 260 \text{ mm}$  karena balok anak hanya sebagai balok sekunder, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

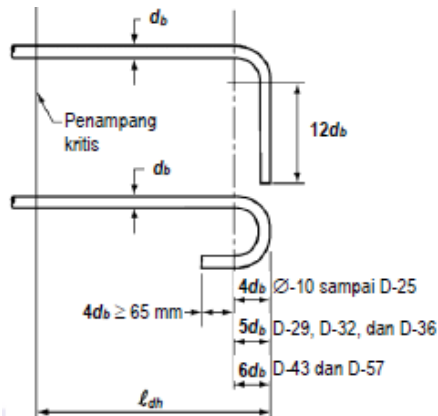
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0,24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0,24 \frac{400}{\sqrt{40}} 16 = 242,86 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0,043 fy db = 0,043 \times 400 \times 16 = 275,2 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok anak merupakan balok sekunder, maka digunakan panjang penyaluran minimum tulangan dalam kondisi tekan adalah  $ldc = 280 \text{ mm}$



Gambar 4. 55. Detail batang tulangan dengan kait standar

#### 4.6.6 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan yang dipasang memanjang melintang tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud-stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud – studnya tersebut diberi *overtopping* dengan metode *cast-in situ*. Proses *overtopping* tersebut dilakukan bersamaan dengan proses penyambungan *overtopping* balok pracetak (sambungan balok induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua komponen pracetak dapat dilakukan dalam waktu bersamaan.

##### ➤ Data Perencanaan Sambungan:

- db : 10 mm
- fc' : 40 Mpa
- fy : 400 Mpa

##### ➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik  $l_d$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$l_d > \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{f_c}} \right) d_b$$

$$l_d > \left( \frac{400 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{40}} \right) 10 = 301,17 \text{ mm}$$

**Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik  $l_d = 310 \text{ mm}$**

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1, bahwa panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan,  $l_{dc}$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$$l_{dc} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = \frac{0.24 \times 400}{\sqrt{40}} 10 = 151,79 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > 0.043 \times f_y \times d_b = 0.043 \times 400 \times 10 = 172 \text{ mm}$$

**Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan  $l_{dc} = 220 \text{ mm}$**

#### 4.6.7 Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak

Pada perencanaan sambungan antar kolom dengan kolom, digunakan metode *NMB Splice Sleeve*. Pada penggunaan metode *NMB Splice Sleeve* ini tidak diperlukan perhitungan panjang penyaluran untuk proses penyambungannya. Hal ini dikarenakan, tulangan antar kolom yang dilakukan penyambungan dengan coupler dianggap sudah monolit dan menerus. Untuk ilustrasi mengenai penyaluran antar tulangan kolom pracetak tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :

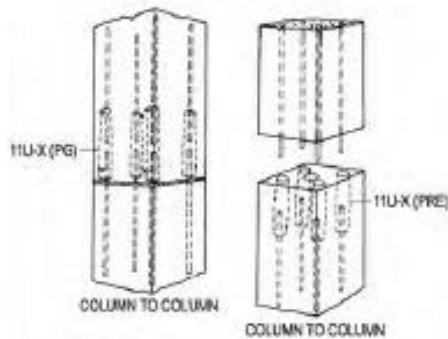


Gambar 4. 56. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak  
(Sumber: NMB Splice Sleeve)

➤ Mekanisme Penyambungan

Pada proses penyambungan antar kolom dilakukan proses grouting pada bagian panjang penyalurannya yang juga menggunakan coupler. Untuk itu, pada bagian kolom tersebut diberi lubang sebagai tempat meletaknya coupler yang berguna untuk melakukan proses grouting tersebut. Lubang grouting di lakukan pada sisi-sisi kolom tersebut yang telah ditetapkan lubang coupler untuk menuju aliran panjang penyaluran.

Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk *couple for splicing reinforcing bar* dari *NMB Splice Sleeve*.



Gambar 4. 57. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak

➤ Perencanaan Sambungan Kolom-Kolom

Diketahui pada sub-bab sebelumnya, bahwa diameter tulangan yang digunakan pada kolom semua jenis adalah sebesar 29 mm. Maka berdasarkan brosur dari *NMB Splice Sleeve* digunakan tipe 9U-X dengan diameter 51 mm  $> d_b = 29$  mm dengan spesifikasi 85000 psi = 586 Mpa.  $1,5 F_y = 1,5 \times 400 = 600$  Mpa sehingga termasuk kategori mechanical splice tipe 2. Sesuai dengan ACI 318M-14 mechanical splices dapat digunakan dilokasi manapun. Dan digrouting dengan non shrinkage SS Mortar tipe 2 yang memiliki kekuatan minimum 9500 psi = 65,5 Mpa.

#### 4.6.8 Perencanaan Sambungan Balok Induk-Shearwall

Pada perencanaan sambungan ini akan digunakan sambungan cast in situ dimana merupakan sambungan basah (*wet connection*) dimana pengaplikasiannya di lapangan adalah dengan mengecor panjang penyaluran tulangan dari balok yang terhubung ke shearwall, hal ini dimungkinkan karena shearwall merupakan elemen yang dilaksanakan sebagai *cast in situ*, selain itu sambungan *cast in situ* lebih dapat menjamin bahwa sambungan

antara shearwall dan balok merupakan perletakan jepit sehingga dapat menahan momen maupun gaya gempa.

➤ Panjang Penyaluran Kait Standar Dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut

$$ldh = \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $ldh = 400 \text{ mm}$ , dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam shearwall dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

➤ Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldc \geq \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldc = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $ldc = 430 \text{ mm}$

#### 4.6.9 Perencanaan Konsol Tangga Dengan Balok

Pada perencanaan sambungan antara tangga dengan balok dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Tangga kemudian diletakkan pada konsol yang berada pada balok. Kebutuhan tulangan konsol dihitung setiap bentang 1m.

##### Data Perencanaan:

$V_u$	= 10453,11 kg/m
Tebal Bordes Tangga	= 15 mm
Dimensi Balok	= 40/55 cm
Dimensi Konsol:	
$b_w$	= 1000 mm
$h$	= 400 mm
Selimut Beton	= 40 mm
D tulangan lentur	= 16 mm
D tulangan geser	= 13 mm
$d$	= $400 - 40 - 13 - 0,5 \times 16 = 339$ mm
$f'_c$	= 40 Mpa
$f_y$	= 420 Mpa
Panjang Konsol	= 250 mm
$a$	= 100 mm
$a/d$	= $100/339 = 0,29 > 1$ (OK)
$V_n$	= $V_u / \phi = \frac{10453,11}{0,75} = 13937,48$ kg
$V_n$	= 136,68 kN = 136680 N

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2 (a), syarat nilai kuat geser  $V_n$  untuk beton normal adalah:

$$0,2 \times f'_c \times b_w \times d = 0,2 \times 40 \times 1000 \times 339$$

$$= 2712000 \text{ N} \geq V_n$$

$$(3,3 + 0,08 \cdot f'_c) b_w \cdot d = (3,3 + 0,08 \times 40) \times 1000 \times 339$$

$$= 2203500 \text{ N} \geq V_n$$

$$11 \times b_w \times d = 11 \times 1000 \times 339$$

$$= 3729000 \text{ N} \geq V_n$$



Luas Tulangan Geser Friksi:

Hubungan konsol dengan kolom monolit, beton normal maka nilai koefisien geser  $\mu = 1,4$

$$\begin{aligned} Avf &= \frac{Vn}{fy \cdot \mu} = \frac{136680}{420 \times 1,4} \\ &= 232,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur:

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan Nuc minimum

$$\begin{aligned} Nuc &= 0,2 \times Vu = 0,2 \times 102510 \\ &= 20502 \text{ N N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= Vu \cdot a + Nuc(h - d) \\ &= 102510 \times 100 + 20502 (400 - 339) \\ &= 11501622 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

$$Rn = \frac{Mu}{0,75 \times bw \times d} = \frac{11501622}{0,75 \times 420 \times 339^2} = 0,318$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,318}{420}} \right) \\ &= 0,00076 < \rho_{min} = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} Af1 &= \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times fy \times d} = \frac{11501622}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 339} \\ &= 113,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Af2 &= \rho \times bw \times d = 0,0035 \times 1000 \times 339 \\ &= 1186,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Af = 1186,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pokok As:

$$An = \frac{Nuc}{\phi \times fy} = \frac{20502}{0,75 \times 420}$$

$$\begin{aligned}
 &= 65,1 \text{ mm}^2 \\
 Asc &= Af + An = 1186,5 + 65,1 \\
 &= 1251,6 \text{ mm}^2 \text{ (kritis)} \\
 Asc &= \frac{2 \times Avf}{3} + An = \frac{2 \times 232,45}{3} + 65,1 \\
 &= 220,1 \text{ mm}^2 \\
 Asc_{min} &= 0,04 \left( \frac{f'_c}{f_y} \right) \times bw \times d = 0,04 \left( \frac{40}{420} \right) \times 1000 \times 339 \\
 &= 1291,43 \text{ mm}^2 \\
 Asc &= 1291,43 \text{ mm}^2 \\
 \diamond &\text{ Maka digunakan tulangan utama 7D16 / D16-140 (As = } \\
 &1407,98 \text{ mm}^2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ah &= 0,5(Asc - An) = 0,5(1291,43 - 65,1) \\
 &= 613,17 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

♦ Maka digunakan tulangan 5D13 / D16-200, di sepanjang  $\frac{2}{3}d$

#### Luas Pelat Landasan:

$$\begin{aligned}
 Vu &= \phi 0,85 \times f'_c \times Al \\
 Al &= \frac{Vu}{\phi \times 0,85 \times f'_c} = \frac{102510}{0,75 \times 0,85 \times 40} \\
 &= 4020 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai pelat landasan  $1000 \times 100$  ( $Al = 100000 \text{ mm}^2$ ) dengan tebal 15 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 prestressed concrete 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.

- $D$
- $D + L$
- $D + 0.75L$
- $D + 0.7E$
- $D + 0.75L + 0.75(0.7E)$
- $0.6D + 0.7E$

Dari kombinasi beban di atas dilakukan control dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan  $P_{ijin}$  1 tiang. Berikut ini adalah output dari joint reaction pada pondasi.

Tabel 4. 33. Beban Akibat Kolom

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
ID+1L	0,39	1,25	770,41	-2,55	3,35
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	4,57	1,57	750,81	0,04	29,90
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	0,89	4,42	822,56	22,27	5,95
1 D + 0,75 L	0,37	1,16	742,40	-2,36	3,26
1 D + 0,7 RSX	5,93	1,44	669,58	1,42	38,51
1 D + 0,7 RSY	1,03	5,24	765,24	31,06	6,58
ID	0,33	0,88	658,35	-1,78	2,99
0,6 D + 0,7 RSX	5,80	1,08	406,24	2,14	37,31
0,6 D + 0,7 RSY	0,89	4,88	501,90	31,77	5,38
ENVELOPE ULTIMATE	5,93	5,24	822,56	31,77	38,51

#### 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.

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

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

- Diameter tiang : 800 mm
- Tebal tiang : 120 mm
- Klasifikasi : A
- *Concrete cross section* : 2563,54 cm<sup>2</sup>
- Berat : 641 kg/m
- Panjang : 6 – 24 m
- *Bending moment crack* : 40 t.m
- *Bending momen ultimate* : 60 t.m
- *Allowable axial load* : 415 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 Apartemen The Conexio LRT Superblock Surabaya adalah data tanah Proyek Apartemen berlokasi di Cikunir dari hasil Ketira Engineering Consultants.

#### 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 :

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + 0.4 P_o}, \text{ untuk } P_o < 0.75 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3.25 + 0.1 P_o}, \text{ untuk } P_o > 0.75 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan kedalaman 30 m.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p \times A_p$$

Dimana:

$N_p$  = Harga rata-rata SPT disekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasa tiang pondasi.

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung

= 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir

= 40 t/m<sup>2</sup>, untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

$A_p$  = Luas Penampang dasar tiang

=  $\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 0.45^2 = 0.158 \text{ m}^2$

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

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

Dimana :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam  $t/m^2$

$N_s$  = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam,  
dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam

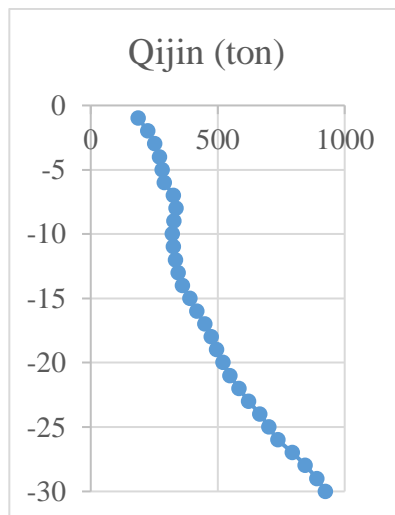
Perhitungan daya dukung tiang pancang terdapat pada lampiran.

Sehingga diambil kedalaman tiang pancang sebagai berikut :

Beban ijin aksial 1 tiang = 368,2 ton

Pada kedalaman 20 m daya dukung tanah = 231,95 ton

Maka panjang tiang yang digunakan (dikurangi tinggi basement)=  
19,8 m.



Gambar 4. 58. Grafik Daya Dukung Tanah

#### 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 diijinkaan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1.1 meter.

- Jarak antar tiang :  
 $2 D \leq S \leq 2,5 D$   
 $2 \times 800 \leq S \leq 2,5 \times 800$   
 $1600 \text{ mm} \leq S \leq 2000 \text{ mm}$   
 Digunakan jarak antar tiang = 1600 mm
- Jarak tepi tiang pancang :  
 $1 D \leq S1 \leq 1,5 D$   
 $1 \times 800 \leq S1 \leq 1,5 \times 800$   
 $800 \text{ mm} \leq S1 \leq 1200 \text{ mm}$   
 Digunakan jarak tiang ke tepi = 800 mm
- Jumlah tiang pancang dalam satu poer  
 m (arah X) = 2 buah  
 n (arah Y) = 2 buah  
 Jumlat tiang pancang grup = m x n  
 = 2 x 2 = 4 buah

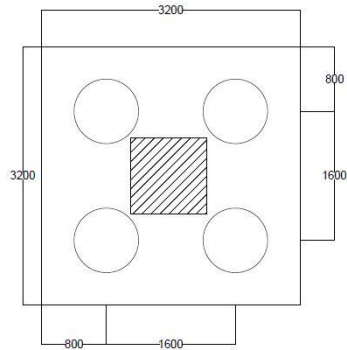
#### 4.7.5.3 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

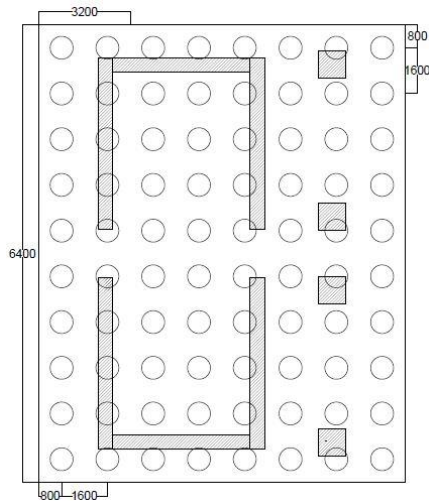
$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} (1 \text{ tiang})$$



Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam group 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. 59. Tiang Grup Tipe 1



Gambar 4. 60. Tiang Grup Tipe 4

$$P = 770,41 \text{ ton}$$

$$N = 4 \text{ tiang}$$

$$M_x = M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) = 2,55 + (1,25 \times 1,5) = 4,42 \text{ t.m}$$

$$M_y = M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) = 3,35 + (0,39 \times 1,5) = 3,93 \text{ t.m}$$

$$X_{\text{max}} = 0,8 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 0,8 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = 4 \times 0,8^2 = 2,56 \text{ m}$$

$$\Sigma y^2 = 4 \times 0,8^2 = 2,56 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{770,41}{4} + \frac{4,42 \times 0,8}{2,56} + \frac{3,93 \times 0,8}{2,56} = 194,56 \leq 222,2 \text{ t}$$

$$194,56 \text{ t} \leq 231,95 \text{ t (1 tiang) (OK)}$$

Tabel 4. 34. Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1

Kombinasi Beban	n	P (ton)	P/n (ton)	Mx (t.m)	y <sub>max</sub> (m)	Mx. y <sub>max</sub>	Σy <sup>2</sup>	My (t.m)	x <sub>max</sub> (m)	My. x <sub>max</sub>	Σx <sup>2</sup>	P <sub>max</sub> (ton)	P ijin tanah (ton)	P <sub>max</sub> < P <sub>ijin</sub>
1D+1L	4	770,41	192,60	4,42	0,6	2,65	2,56	3,93	0,6	2,36	2,56	194,56	231,95	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	4	750,81	187,70	2,40	0,6	1,44	2,56	36,76	0,6	22,06	2,56	196,88	231,95	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	4	822,56	205,64	28,90	0,6	17,34	2,56	7,30	0,6	4,38	2,56	214,12	231,95	OK
1 D + 0,75 L	4	742,40	185,60	4,09	0,6	2,46	2,56	3,82	0,6	2,29	2,56	187,45	231,95	OK
1 D + 0,7 RSX	4	669,58	167,39	3,58	0,6	2,15	2,56	47,41	0,6	28,44	2,56	179,34	231,95	OK
1 D + 0,7 RSY	4	765,24	191,31	38,92	0,6	23,35	2,56	8,12	0,6	4,87	2,56	202,33	231,95	OK
1D	4	658,35	164,59	3,10	0,6	1,86	2,56	3,49	0,6	2,09	2,56	166,13	231,95	OK
0,6 D + 0,7 RSX	4	406,24	101,56	3,76	0,6	2,26	2,56	46,01	0,6	27,61	2,56	113,22	231,95	OK
0,6 D + 0,7 RSY	4	501,90	125,47	39,10	0,6	23,46	2,56	6,73	0,6	4,04	2,56	136,21	231,95	OK

Tabel 4. 35. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang Tipe 4

Kombinasi Beban	n (buah)	P (ton)	P/n (ton)	Mx (t.m)	y <sub>max</sub> (m)	Mx. y <sub>max</sub>	Σy <sup>2</sup>	My (t.m)	x <sub>max</sub> (m)	My. x <sub>max</sub>	Σx <sup>2</sup>	P <sub>max</sub> (ton)	P ijin tanah (ton)	P <sub>max</sub> < P <sub>ijin</sub>
1D+1L	80	7444,30	93,05	802,01	7,2	5774,47	1689,6	314,69	5,6	1762,26	1075,2	98,11	231,95	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	80	7662,51	95,78	3641,19	7,2	26216,59	1689,6	556,72	5,6	3117,64	1075,2	114,20	231,95	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	80	7897,09	98,71	658,45	7,2	4740,83	1689,6	4532,72	5,6	25383,26	1075,2	125,13	231,95	OK
1 D + 0,75 L	80	7219,95	90,25	780,61	7,2	5620,37	1689,6	300,05	5,6	1680,28	1075,2	95,14	231,95	OK
1 D + 0,7 RSX	80	7136,95	89,21	5150,27	7,2	37081,94	1689,6	606,63	5,6	3397,15	1075,2	114,32	231,95	OK
1 D + 0,7 RSY	80	7449,73	93,12	560,94	7,2	4038,76	1689,6	5907,97	5,6	33084,64	1075,2	126,28	231,95	OK
1D	80	6546,87	81,84	716,40	7,2	5158,08	1689,6	256,13	5,6	1434,35	1075,2	86,22	231,95	OK
0,6 D + 0,7 RSX	80	4518,20	56,48	5414,24	7,2	38982,53	1689,6	509,58	5,6	2853,63	1075,2	82,20	231,95	OK
0,6 D + 0,7 RSY	80	4830,98	60,39	289,00	7,2	2080,81	1689,6	5810,92	5,6	32541,13	1075,2	91,88	231,95	OK

#### 4.7.5.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi ( $\eta$ ) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$\eta = \left( 1 - \frac{36 \times S}{(75 \times S^2 - 7)} \times \left( \frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0,3}{m+n}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

Dimana  $Q_L$  (group) harus lebih besar dari P yang terjadi  
Seperti perhitungan pada kombinasi 1 DL + 1 LL.

$$\eta = \left( 1 - \frac{36 \times 1,6}{(75 \times 1,6^2 - 7)} \times \left( \frac{2+2-2}{2+2-1} \right) \right) + \frac{0,3}{2+2} = 1,055$$

Pada kombinasi beban 1D + 1L,

$$\begin{aligned} Q_L \text{ grup} &= Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta \\ &= 231,95 \times 4 \times 1,055 \\ &= 978,82 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pmax grup yang terjadi =  $194,56 \times 4 = 784,34 \text{ ton} < Q_L \text{ grup (OK)}$

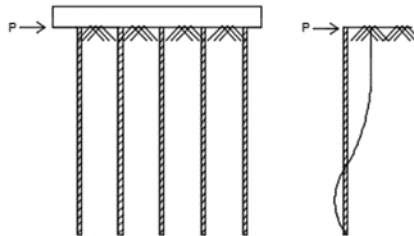
Tabel 4. 36. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 1

Kombinasi Beban	P ijin tanah (ton)	n	Ql grup (ton)	Pmax grup (ton)	Ql grup > Pijin
1D+1L	231,95	4	978,82	778,24	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	231,95	4	978,82	787,53	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	231,95	4	978,82	856,50	OK
1 D + 0,75 L	231,95	4	978,82	749,82	OK
1 D + 0,7 RSX	231,95	4	978,82	717,38	OK
1 D + 0,7 RSY	231,95	4	978,82	809,34	OK
1D	231,95	4	978,82	664,53	OK
0,6 D + 0,7 RSX	231,95	4	978,82	452,90	OK
0,6 D + 0,7 RSY	231,95	4	978,82	544,86	OK

Tabel 4. 37. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 2

Kombinasi Beban	P ijin tanah (ton)	n (buah)	Ql grup (ton)	Pmax grup (ton)	Ql grup > Pijin
1D+1L	231,95	80	18341,12	7848,84	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	231,95	80	18341,12	9135,79	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	231,95	80	18341,12	10010,20	OK
1 D + 0,75 L	231,95	80	18341,12	7611,08	OK
1 D + 0,7 RSX	231,95	80	18341,12	9145,49	OK
1 D + 0,7 RSY	231,95	80	18341,12	10102,61	OK
1D	231,95	80	18341,12	6897,82	OK
0,6 D + 0,7 RSX	231,95	80	18341,12	6576,29	OK
0,6 D + 0,7 RSY	231,95	80	18341,12	7350,72	OK

#### 4.7.5.6 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 61 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 :

$$\delta = Fd \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

$\delta$  = defleksi yang terjadi

$Fd$  = koefisien defleksi (dilihat pada grafik)

$P$  = Gaya lateral 1 tiang

$T$  = *Relative stiffnes Factor*

Perhitungan pada Kombinasi 1 D + 1 L

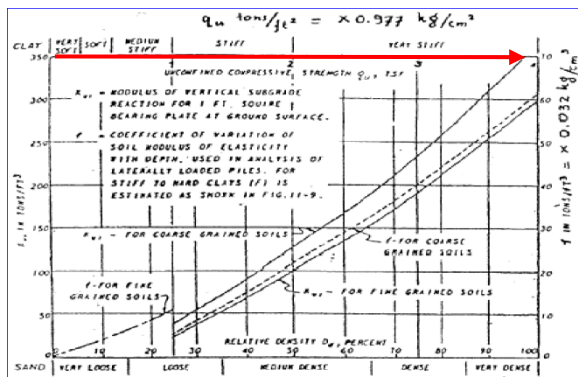
Jumlah tiang = 4

Hmax = 1,25 ton

Hmax 1 tiang = 1,25 ton / 4 buah = 0,31 ton

$C_u$  = 0,72 kg/cm<sup>2</sup>

$q_u$  =  $2 \times C_u = 2 \times \frac{0,72}{0,977} = 1,474 \frac{t}{ft^3}$



Gambar 4. 62. Grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan  $f = 10 \text{ t/ft}^3 = 0,32 \text{ kg/cm}^3$

$E_c = 4700 \sqrt{fc} = 338921,82 \text{ kg/cm}^2$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (800 - 560)^4 = 16286 \text{ cm}^4$$

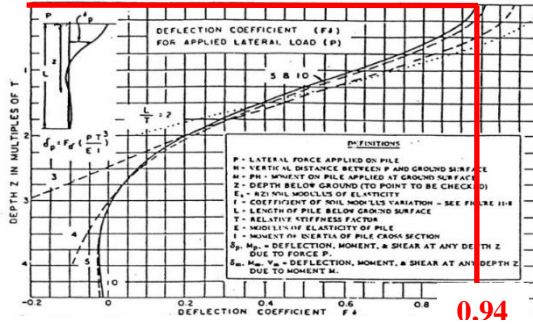
$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{338921,82 \times 16286}{2,24}\right)^{\frac{1}{5}} = 75,57 \text{ cm}$$

$F_d$ (deflection coefficient)

$L = 19,8 \text{ m} = 1980 \text{ cm}$  (kedalaman tiang pancang)

$T = 75,57 \text{ cm}$

$L/T = 26,2$



Gambar 4. 63. grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile  
 Dari grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile  
 maka didapatkan  $F_d = 0.94$

$$\delta = F_d \left(\frac{PT^3}{EI}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,94 \left(\frac{0,31 \times 75,57^3}{338921,82 \times 16,286}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,02 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

Tabel 4. 38. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral

Kombinasi Beban	n	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	$\delta$ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
ID+IL	4	0,10	1,25	0,31	0,02	OK	0,207	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	4	4,57	1,57	1,14	0,08	OK	0,760	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	4	0,89	4,42	1,11	0,08	OK	0,735	20,0	OK
1 D + 0,75 L	4	0,37	1,16	0,29	0,02	OK	0,192	20,0	OK
1 D + 0,7 RSX	4	5,93	1,44	1,48	0,11	OK	0,986	20,0	OK
1 D + 0,7 RSY	4	1,03	5,24	1,31	0,10	OK	0,871	20,0	OK
ID	4	0,33	0,88	0,22	0,02	OK	0,147	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSX	4	5,80	1,08	1,45	0,11	OK	0,964	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSY	4	0,89	4,88	1,22	0,09	OK	0,812	20,0	OK

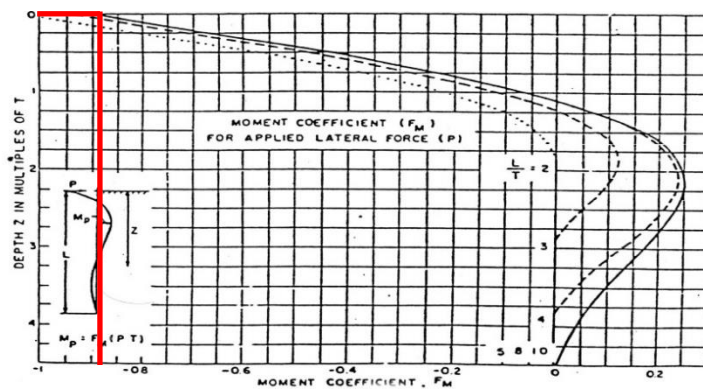
Tabel 4. 39. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral

Kombinasi Beban	n	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	$\delta$ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
ID+IL	80	0,11	21,05	0,26	0,02	OK	0,175	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	80	27,42	114,51	1,43	0,11	OK	0,952	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	80	159,77	48,53	2,00	0,15	OK	1,328	20,0	OK
1 D + 0,75 L	80	7,95	20,34	0,25	0,02	OK	0,169	20,0	OK
1 D + 0,7 RSX	80	37,93	144,30	1,80	0,13	OK	1,200	20,0	OK
1 D + 0,7 RSY	80	214,40	57,58	2,68	0,20	OK	1,782	20,0	OK
ID	80	6,46	18,20	0,23	0,02	OK	0,151	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSX	80	38,95	137,37	1,72	0,13	OK	1,142	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSY	80	215,41	51,45	2,69	0,20	OK	1,791	20,0	OK

Kontrol Momen :

$M_{crack} = 65 / 2 = 32,5$  tm (tabel spesifikasi tiang pancang / (SF=2))

$L/T = 26,2$



Gambar 4. 64. grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan  $F_m = 0,88$

$$M = F_m(PT) \leq M_{\text{bending crack}}$$

$$M = 0,88 \times (0,31 \times 75,57) \leq 32,5 \text{ tm}$$

$$M = 0,207 \text{ tm} < 32,5 \text{ tm (OK)}$$

Tabel 4. 40. Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 1

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	e	f (m)	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
1D+1L	0,0966	1,24754	0,31	0	0,0060	0,375	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	4,5722	1,57256	1,14306	0	0,0220	1,384	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	0,8942	4,42202	1,105505	0	0,0213	1,338	20,0	OK
1 D + 0,75 L	0,3727	1,15648	0,28912	0	0,0056	0,348	20,0	OK
1 D + 0,7 RSX	5,9315	1,43809	1,48288	0	0,0286	1,801	20,0	OK
1 D + 0,7 RSY	1,0275	5,23737	1,309343	0	0,0253	1,588	20,0	OK
1D	0,3321	0,88332	0,22083	0	0,0043	0,265	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSX	5,7987	1,08476	1,449668	0	0,0280	1,760	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSY	0,8946	4,88404	1,22101	0	0,0236	1,480	20,0	OK

Tabel 4. 41. Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 2

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	e	f (m)	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
1D+1L	0,10555	21,0484	0,26	0	0,0051	0,316	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSX	27,416	114,506	1,43132	0	0,0276	1,737	20,0	OK
1 D + 0,75 L + 0,525 RSY	159,765	48,5319	1,997065	0	0,0385	2,435	20,0	OK
1 D + 0,75 L	7,94724	20,3374	0,254217	0	0,0049	0,306	20,0	OK
1 D + 0,7 RSX	37,9301	144,304	1,803799	0	0,0348	2,196	20,0	OK
1 D + 0,7 RSY	214,396	57,5842	2,679947	0	0,0517	3,285	20,0	OK
1D	6,45703	18,2042	0,227553	0	0,0044	0,274	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSX	38,9454	137,369	1,717111	0	0,0331	2,089	20,0	OK
0,6 D + 0,7 RSY	215,411	51,4475	2,692639	0	0,0519	3,301	20,0	OK

#### 4.7.6 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- $P_u = 822,56 \text{ ton}$
- $P_{\text{max}} (1 \text{ tiang}) = 214,12 \text{ ton}$
- Jumlah tiang pancang = 4 buah



- Dimensi poer = 3,2 x 3,2 x 1,5 m
- Ukuran kolom = 0,95 x 0,95 m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 29 mm
- Selimut beton = 60 mm
- $\lambda$  = 1 (beton normal)
- $\alpha_s$  = 20 (kolom sudut)
- Tinggi efektif ( $d$ )  
 $d_x = 1500 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1425,5$  mm  
 $d_y = 1500 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1396,5$  mm

#### 4.7.6.1 Kontrol Geser Pons

##### 1. 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 :

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek  
 $= 2400/2400 = 1$

$b_o$  = Keliling penampang kritis

$$\begin{aligned}
 &= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d) \\
 &= 2 (950 + 1425,5) + 2 (950 + 1396,5) \\
 &= 9502 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1. \sqrt{40} \times 9502 \times 1425,5 \\
 &= 43690038 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{20.1425,5}{9502} + 2\right) 1. \sqrt{40} \times 9502 \times 1425,5 \\
 &= 3554691 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333.1. \sqrt{40} \times 9502 \times 1425,5 \\
 &= 28527025 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 28527025 N = 2852702 kg

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 2852702 = 2139527 \text{ Kg} \\
 &= 2140 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 2140 \text{ ton} > P_{\text{maks}} \\
 &= 2140 \text{ ton} > 608,44 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

## 2. Akibat Pancang

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\
 &= 2400/2400 = 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= (\pi \times (800 + 1425,5)) \\
 &= 1747,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$\begin{aligned}
&= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 1747,9 \times 1425,5 \\
&= 8036832 \text{ N} \\
V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 1425,5}{1590,8} + 2\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 1747,9 \times 1425,5 \\
&= 23949922 \text{ N} \\
V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 1747,9 \times 1425,5 \\
&= 5248578 \text{ N}
\end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $5247578 \text{ N} = 524758 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
\phi V_c &= 0,75 \times 524758 = 393568 \text{ Kg} \\
&= 394 \text{ ton}
\end{aligned}$$

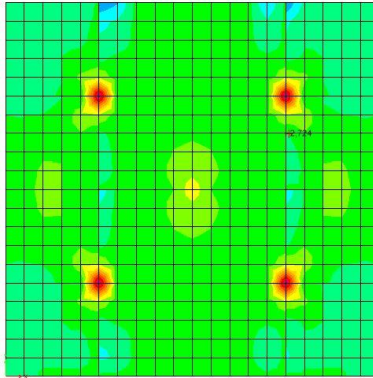
$$\begin{aligned}
\phi V_c &= 394 \text{ ton} > P_{\text{maks}} \\
&= 394 \text{ ton} > 214,12 \text{ ton} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

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.

### 1. Penulangan Tarik Arah X Pilecap Tipe 1



Gambar 4. 65. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X)

Didapatkan momen dari ETABS

$$M_{\max} = 5295,94 \text{ kNm} = 5295937000 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 1500 - 60 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 1425,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1500 - 60 - \frac{1}{2} \cdot 29 - 29 = 1396,5 \text{ mm}$$

- Mencari  $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,003953$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,003953$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,765$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5295937000}{0,9 \times 3200 \times 1425,5^2} = 1,02$$

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

$$= \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 1,02}{400}} \right) = 0,00259$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = 0,003953$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,003953 \times 1000 \times 1425,5 = 5634,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{5634,78}{660,7857} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{9} = 111,11 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tarik D29–100 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{100} \\ &= 5947,07 \text{ mm}^2 > 5634,78 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x \\ &= \frac{1}{2} \times 0,003953 \times 1000 \times 1425,5 = 2817,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,133 \text{ mm}^2$ )

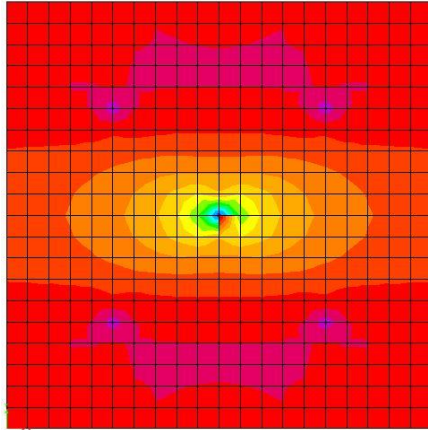
$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{2817,39}{380,13} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D22–125 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{125} \\ &= 3042,28 \text{ mm}^2 > 2817,39 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

## 2. Penulangan Tarik Arah Y Pilecap Tipe 1



Gambar 4. 66. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y)

$$M_{\max} = 5295,94 \text{ kNm} = 5295937000 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1425,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1396,5 \text{ mm}$$

- Mencari  $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,003953$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,003953$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,765$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5295937000}{0,9 \times 3200 \times 1396,5^2} = 1,06$$

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

$$= \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 1,06}{400}} \right) = 0,00269$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = 0,003953$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,003953 \times 1000 \times 1396,5 = 5520,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{5520,15}{660,7857} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{9} = 111,11 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tarik D29–100 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{100} \\ &= 5947,07 \text{ mm}^2 > 5520,15 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x \\ &= \frac{1}{2} \times 0,003953 \times 1000 \times 1396,5 = 2760,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,133 \text{ mm}^2$ )

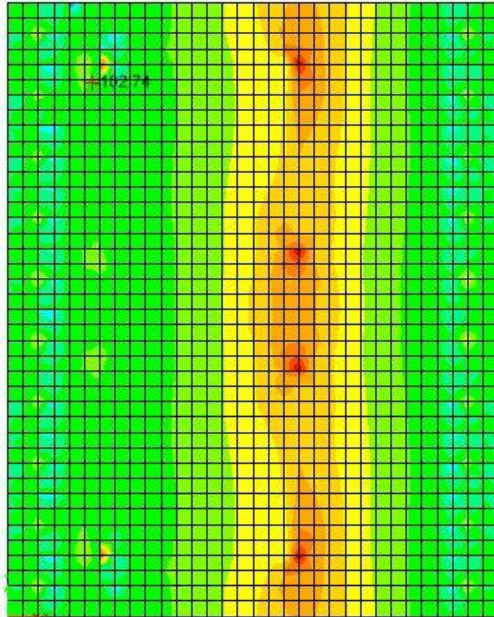
$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{2760,08}{380,133} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D22–125 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{125} \\ &= 3041,06 \text{ mm}^2 > 2760,08 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### 3. Penulangan Tarik Arah X Pilecap Tipe 4



Gambar 4. 67. Pembebanan Poer Tipe 4 (Arah Sumbu X)

$$M_{\max} = 20278,04 \text{ kNm} = 20278040000 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 2000 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1925,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 2000 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1896,5 \text{ mm}$$

- Mencari  $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,003953$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,003953$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,765$$



$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{20278040000}{0.9 \times 12800 \times 1925,5^2} = 0,475$$

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

$$= \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 0,475}{400}} \right) = 0,0012$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = 0,003953$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,003953 \times 1000 \times 1925,5 = 7611,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,79 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{7611,2}{660,79} = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{12} = 83,33 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tarik D29–80 mm

$$A_s = \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{80}$$

$$= 7929,5 \text{ mm}^2 > 7611,2 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,003953 \times 1000 \times 1925,5 = 3805,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,133 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3805,8}{380,133} = 11 \text{ buah}$$

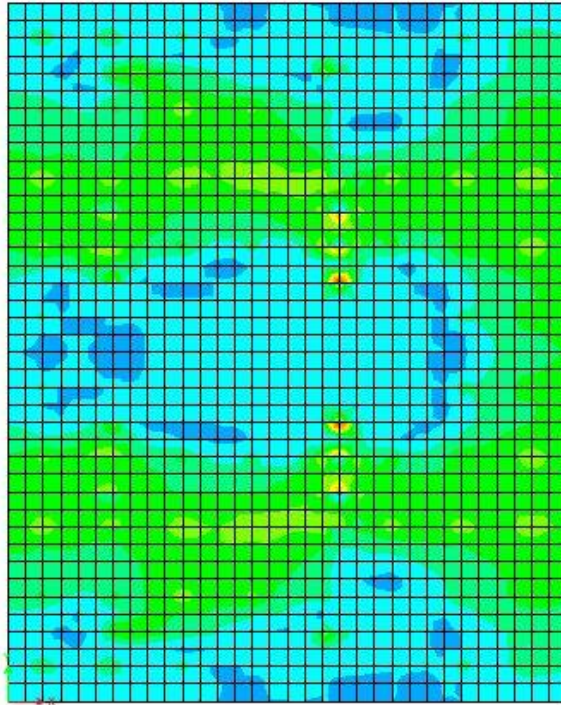
$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{11} = 91 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D22–90 mm

$$A_s = \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{11}$$

$$= 4181,5 \text{ mm}^2 > 3805,8 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 4. Penulangan Tarik Arah Y Pilecap Tipe 4



Gambar 4. 68. Pembebanan Poer Tipe 4 (Arah Sumbu Y)

$$M_{\max} = 21588,78 \text{ kNm} = 21588780000 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 2000 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1925,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 2000 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1896,5 \text{ mm}$$

- Mencari  $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,003953$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,003953$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,765$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{21588780000}{0,9 \times 16000 \times 1896,5^2} = 0,47$$

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

$$= \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 0,47}{400}} \right) = 0,00118$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = 0,003953$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x = 0,003953 \times 1000 \times 1896,5 = 7496,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,79 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{7496,6}{660,79} = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{12} = 83,33 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tarik D29–80 mm

$$A_s = \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{80} = 7929,5 \text{ mm}^2 > 7496,6 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x = \frac{1}{2} \times 0,003953 \times 1000 \times 1895,5 = 3746,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,133 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3746,5}{380,133} = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D22–100 mm

$$A_s = \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{100} = 3801,33 \text{ mm}^2 > 3746,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 4.7.7 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$A_g = 120000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

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

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Selimut beton = 40 mm

Tulangan utama = D19

Tulangan Sengkang = D10

$$d = 400 - (40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19) = 340,5 \text{ mm}$$

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diasumsikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah

Berat sendiri sloof

$$qu = 1,4 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 403,2 \text{ kg/m}$$

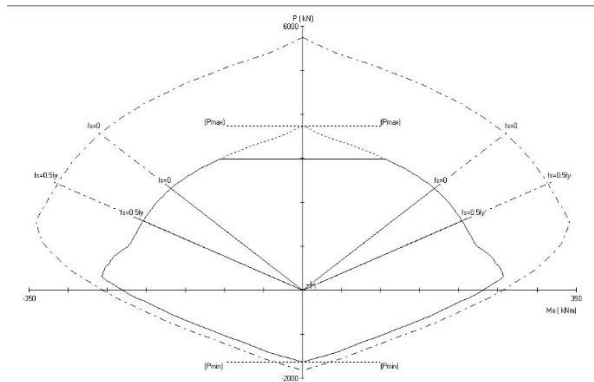
Panjang sloof = 4,6 m

$$Mu_{\text{imp}} = \frac{1}{8} qu \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 403,2 \times 4,6^2 \text{ kgm} = 10,66 \text{ kNm}$$

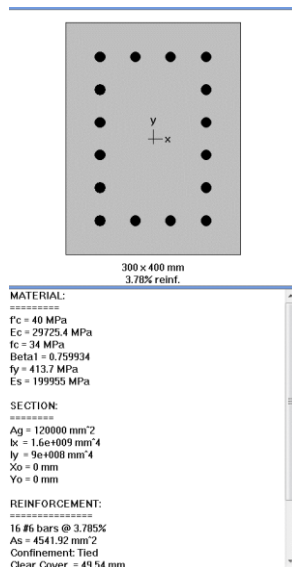
Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban:

$$P = 10\% P_u = 10\% \times 1332,49 \text{ kN} = 133,25 \text{ kN}$$

$$M = 242,38 \text{ kNm}$$



Gambar 4. 69 Diagram Interaksi P-M



Gambar 4. 70. Spesifikasi Penulangan Sloof

- Penulangan Geser Sloof

$$Vu = \frac{1}{2} qu \times L = \frac{1}{2} \times 403,2 \times 4,6 = 9,27 \text{ kN}$$

$$d' = 400 - 40 - 10 - 19/2 = 340,5$$

$$V_c = \frac{bw \times d \times \sqrt{f_c'}}{6} = \frac{300 \times 340,5 \times \sqrt{40}}{60} = 107676 \text{ N}$$

$\phi V_c > V_u$  (tulangan geser tidak diperlukan)

Jadi dipasang tulangan geser min

Smaks = d/2 atau 300 mm

$$d/2 = 340,5/2 = 170,25 \text{ mm}$$

$$A_v \text{ min} = \frac{bw \times s}{3f_y} = \frac{300 \times 170,25}{3 \times 420} = 40,53 \text{ mm}^2$$

Dipasang Sengkang 2  $\phi$  10-150 mm

#### 4.7.8 Dinding Penahan Tanah

Dinding Penahan tanah harus direncanakan dengan tepat sehingga perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Pada perencanaan ini direncanakan dengan kondisi adanya *surcharge load* beban kendaraan sebesar  $q = 0,8 \text{ t/m}'$ .

- Data Perencanaan

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,77 \text{ t/m}'$$

$$\theta = 0$$

$$c' = 0,3 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan Aktif Tanah

$$\sigma v'(0) = q + \gamma_{\text{sat}} \times h = 0,8 + 1,77 \times 0 = 0,8 \text{ t/m}'$$

$$\sigma v'(-3,1) = \sigma v(0) + \gamma_{\text{sat}} \times h$$

$$= 0,8 + 1,77 \times 3,1 = 6,287 \text{ t/m}'$$

$$\sigma v'(-6,2) = \sigma v(3,1) + \gamma_{\text{sat}} \times h$$

$$= 6,287 + 1,77 \times 3,1 = 11,774 \text{ t/m}'$$

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\theta}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{0}{2}\right) = 1$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma h'(0) = 0,8 \times 1 - (2 \times 0,3 \times \sqrt{1}) = 0,2 \text{ t/m}'$$

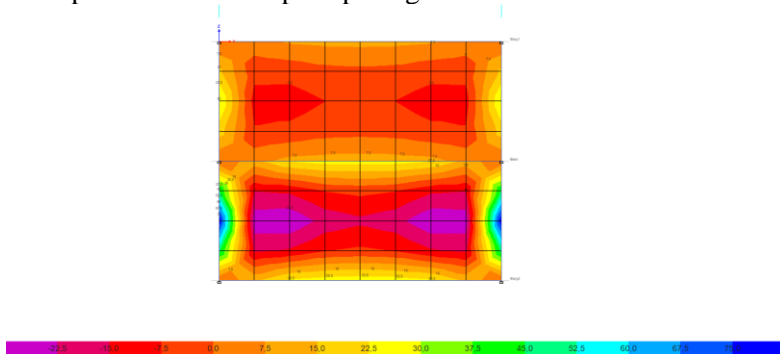
$$\sigma h'(-3,1) = (\sigma v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma h'(-3,1) = 6,3 \times 1 - (2 \times 0,9 \times \sqrt{1}) = 4,5 \text{ t/m}'$$

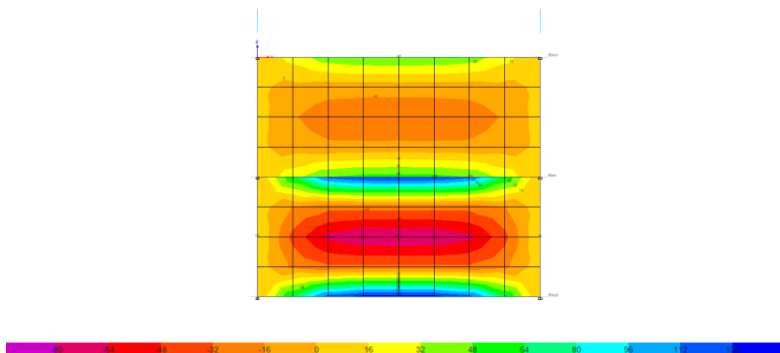
$$\sigma h'(-6,2) = (\sigma v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma h'(-6,2) = 11,8 \times 1 - (2 \times 1,8 \times \sqrt{1}) = 8,2 \text{ t/m}'$$

Dinding penahan tanah direncanakan dengan dimensi pada gambar diatas. Untuk momen yang didapat menggunakan bantuan dari aplikasi ETABS seperti pada gambar dibawah:



Gambar 4. 71. Momen M11 akibat Tekanan Horizontal Tanah



Gambar 4. 72. Momen M22 akibat Tekanan Horizontal Tanah

#### 4.7.8.1 Penulangan Dinding Penahan Tanah

Berikut perhitungan kebutuhan tulangan berdasarkan momen yang terjadi pada dinding penahan tanah.

- Penulangan lentur positif (M11)
  - $M_u = 80,726 \text{ kNm} = 80726000 \text{ Nmm}$
  - $d = h - c - 1/2 D$

$$= 300 - 75 - \frac{1}{2} \times 16 = 217 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} = \frac{80726000}{0,9 \times 1000 \times 217^2} = 1,904 \text{ MPa}$$

$\rho_{\min} = 0,003953$  (menentukan)

$\rho_{\min} = 0,0035$

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

$$\rho = \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,765 \cdot 1,9}{400}} \right) = 0,0049$$

Maka, diambil  $\rho = 0,0049$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,0049 \times 1000 \times 217 = 1063,3 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times \theta^2}{A_{\text{spertu}}} = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times 16^2}{1063,3} = 189,1$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D19 – 180mm

- Penulangan lentur negatif (M11)

$$M_u = 28,853 \text{ kNm} = 28853000 \text{ Nmm}$$

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

$$= 300 - 75 - \frac{1}{2} \times 16 = 217 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} = \frac{28853000}{0,9 \times 1000 \times 217^2} = 0,68 \text{ MPa}$$

$\rho_{\min} = 0,003953$  (menentukan)

$\rho_{\min} = 0,0035$

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

$$\rho = \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,765 \cdot 0,68}{400}} \right) = 0,0017$$

Maka, diambil  $\rho = 0,003953$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,003953 \times 1000 \times 217 = 857,8 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times \theta^2}{A_{\text{spertu}}} = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times 16^2}{857,8} = 234,4$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D19 – 220mm

- Penulangan lentur positif (M22)

$$M_u = 136,241 \text{ kNm} = 136241000 \text{ Nmm}$$



$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} = \frac{136241000}{0,9 \times 1000 \times 217^2} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = 0,003953 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,765 \cdot 3,21}{400}} \right) = 0,0084$$

Maka, diambil  $\rho = 0,0084$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,0084 \times 1000 \times 217 = 1822,8 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times \theta^2}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times 16^2}{1822,8} = 110,3$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D19 – 100mm

- Penulangan lentur negatif (M22)

$$M_u = 80,511 \text{ kNm} = 80511000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} = \frac{80511000}{0,9 \times 1000 \times 217^2} = 1,89 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = 0,003953 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,765 \cdot 1,89}{400}} \right) = 0,0049$$

Maka, diambil  $\rho = 0,0049$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,0049 \times 1000 \times 217 = 1063,3 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times \theta^2}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{0,25 \times 1000 \times \pi \times 16^2}{1063,3} = 189,1$$

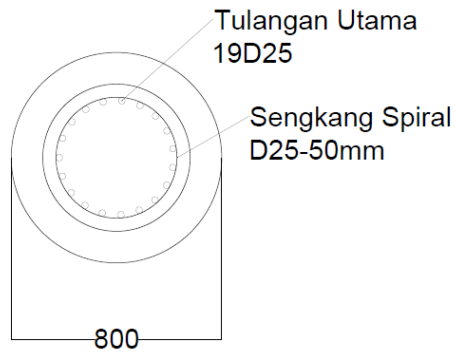
Sehingga digunakan tulangan lentur D19 – 180mm

#### 4.7.9 Perencanaan Tulangan Tusuk Konde pada Tiang Pancang

Dalam perencanaan tulangan tusuk konde, tiang pancang diasumsikan sebagai kolom. Sehingga perhitungan terkait kebutuhan tulangan longitudinal, tulangan transversal, dan panjang penyaluran disesuaikan dengan perhitungan pada perencanaan

struktur kolom. Berikut merupakan spesifikasi dan pembebanan pada kolom:

Diameter kolom	= $800 - 2 \times 120 = 560$ mm
Tebal decking ( $d'$ )	= 50 mm
Mutu tulangan ( $f_y$ )	= 420 Mpa
Mutu beton ( $f'_c$ )	= 52 Mpa



Gambar 4. 73. Potongan Pile

#### 4.7.9.1 Kontrol Dimensi Kolom

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diperoleh beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom:

$P_u$	: 2147,35 kN
$V_u$	: 259,13 kN
$M_u$	: 62,2 kNm

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 jika komponen struktur SPRMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$ , maka komponen struktur rangkai ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi sebagai berikut:

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.  $560 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$

- Rasio dimensi besar dari 0,4.  $560/560 = 1 > 0,4$

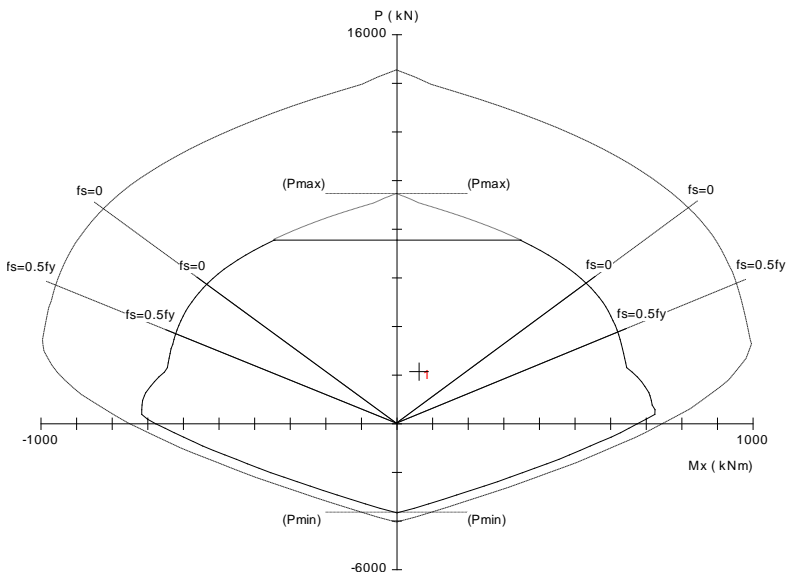
Dari hasil program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah

$$2147,35 \text{ kN} \geq \pi \times \left(\frac{560}{2}\right)^2 \times \frac{52}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$2147,35 \text{ kN} \geq 1280,76 \text{ kN (OK)}$$

#### 4.7.9.2 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu SPColumn dan didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4. 74. Diagram Interaksi Kolom Diameter 560 mm

Dari hasil spColumn diatas didapatkan dari hasil rencana tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah 19 D25.

#### 4.7.9.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Tulangan memanjang  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  atau lebih dari  $0,06 A_g$ .

$$A_{st} = 9330,36 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 246301 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program SPColumn diperoleh tulangan longitudinal 19 D25 dengan rasio tulangan 3,93%

$$0,01 A_g < A_s < 0,06 A_g$$

$$2463,01 \text{ mm}^2 < 9330,36 \text{ mm}^2 < 14778,06 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 4.7.9.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.1, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur

$$\phi P_n = 0,8 \times \phi (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y (A_{st})))$$

$$\phi P_n = 0,8 \times 0,658 (0,85 \times 52 (246301 - 9330,36)$$

$$+ (420 (9330,36)$$

$$\phi P_n = 9432,3 \text{ kN} > P_u = 2180 \text{ kN (OK)}$$

#### 4.7.9.4 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.

$$F_s = 1,25 \times f_y = 525 \text{ Mpa}$$

$$L_n = 5 \times d = 5 \times 560 = 2800 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 653,3 \text{ kNm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 653,3}{2,8} = 466,64 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 466,64 \text{ kN} > 259,13 \text{ kN (OK)}$$

#### 4.7.9.5 Perhitungan Tulangan Geser Tusuk Konde

Diketahui tinggi bersih dari kolom,  $L_n = 2800$  mm dan tulangan sengkang menggunakan diameter 10 mm. Syarat sengkang spiral  $25 \text{ mm} \leq s \leq 75 \text{ mm}$

$$D_c = 560 - 2 \times 50 - 25 = 435 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = \frac{1}{4} \pi \times D_c^2 = 148617 \text{ mm}^2$$

$\rho$  harus memenuhi persyaratan di SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, pasal 10.9.3 dan diambil nilai yang terbesar dari rumus berikut ini:

$$\rho_s = 0,12 \times \frac{f_{c'}}{f_y} = 0,12 \times \frac{52}{420} = 0,014$$

$$\rho_s = 0,45 \times \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f_{c'}}{f_y}$$

$$\rho_s = 0,45 \times \left( \frac{246301}{148617} - 1 \right) \times \frac{52}{420} = 0,0366 \text{ (menentukan)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_s \times A_g = 0,0366 \times 246301 = 9019,6 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times 1000}{A_s \text{ perlu}} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 25^2 \times 1000}{9019,6} = 54,4 \text{ mm}$$

Didapatkan tulangan sengkang D25 – 50 mm

#### 4.7.10 Perencanaan Pelat Basement

Berikut merupakan data-data perencanaan pelat:

Tebal pelat	= 300 mm
Selimit beton	= 50 mm
Mutu beton	= 40 Mpa
Mutu tulangan	= 420 Mpa
Elevasi Muka Air Tanah	= -8,3 m
Berat Jenis Air	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
Diameter tulangan	= 13 mm

Pada pelat basement terdapat dua kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu uplift akibat air serta pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi basement serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan dan

dikarenakan elevasi muka air tanah lebih dalam dibandingkan dengan elevasi terendah basement, maka perhitungan akibat gaya uplift diabaikan.

- Akibat Beban Parkir

Peraturan pembebanan pada struktur pelat basement akibat parkir menggunakan SNI 1727:2013

Beban Mati

Berat Pelat :  $0,3 \times 2400 = 720 \text{ kg/m}^2$

Berat spesi 2 cm :  $42 \text{ kg/m}^2$

Total Beban Mati :  $762 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

Lantai :  $800 \text{ kg/m}^2$

Beban Berfaktor :

$Q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$

$= 1,2 (762 \text{ kg/m}^2) + 1,6(800 \text{ kg/m}^2)$

$= 2194,4 \text{ kg/m}^2$

Untuk perhitungan pelat dua arah dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk pelat tipe sebagai berikut:

$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 2194,4 \cdot 4,9^2 \cdot 83$   
 $= 4545,25 \text{ kgm}$

$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 2194,4 \cdot 2,3^2 \cdot 57$   
 $= 687,73 \text{ kgm}$

Tabel 4. 42. Hasil Rekapitulasi Momen Arah X dan Y

Tipe	Mlx	Mly
Pelat Tipe 1	4545,247	687,7296
Pelat Tipe 2	1868,528	764,5142
Pelat Tipe 3	4732,66	343,296
Pelat Tipe 4	4732,66	717,9559
Pelat Tipe 5	683,1452	683,1452
Pelat Tipe 6	4732,66	687,7296

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{4545,25 \times 10000}{0,9 \times 1000 \times 243,5^2} = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,85}{420}} \right) \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0021$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0021 \times 1000 \times 243,5 = 500,163 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{As_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{500,163} = 265,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D13-250 mm

Tabel 4. 43. Hasil Rekapitulasi Penulangan Arah X

Tipe	As perlu	As D13	S (mm)	S pakai (mm)
Pelat Tipe 1	500,1632	132,7857	265,4848	250
Pelat Tipe 2	438,3	132,7857	302,9562	250
Pelat Tipe 3	521,0662	132,7857	254,8346	250
Pelat Tipe 4	521,0662	132,7857	254,8346	250
Pelat Tipe 5	438,3	132,7857	302,9562	250
Pelat Tipe 6	521,0662	132,7857	254,8346	250

Tabel 4. 44. Hasil Rekapitulasi Penulangan Arah Y

Tipe	As perlu	As D13	S (mm)	S pakai (mm)
Pelat Tipe 1	403	132,7857	329,33	250
Pelat Tipe 2	403	132,7857	329,33	250
Pelat Tipe 3	403	132,7857	329,33	250
Pelat Tipe 4	403	132,7857	329,33	250
Pelat Tipe 5	403	132,7857	329,33	250
Pelat Tipe 6	403	132,7857	329,33	250



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013, didapatkan hasil perhitungan dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Tabel 5. 1. Dimensi Struktur Sekunder

<b>Struktur Sekunder</b>				
<b>Elemen</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Pelat	Lantai	Pracetak	12	cm
	Atap	Komposit	12	cm
Balok	B1A	Pracetak	25/40	cm
	B2A		25/35	cm
Tangga	Pelat Tangga	Cast-in situ	15	cm
	Pelat Bordes		15	cm

Tabel 5. 2. Dimensi Struktur Primer

<b>Struktur Primer</b>				
<b>Elemen</b>	<b>Type</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Balok Induk	B1	Pracetak	25/23	cm
		Komposit	25/35	cm
	B2	Pracetak	30/33	cm
		Komposit	30/45	cm
	B3	Pracetak	40/43	cm
		Komposit	40/55	cm
	B4	Pracetak	25/23	cm
		Komposit	25/35	cm
	B5	Pracetak	25/28	cm
		Komposit	25/40	cm
Kolom	Lt GF-UG	Pracetak	95/95	cm
	Lt 3 - 8	Pracetak	85/85	cm
	Lt 9 - 14	Pracetak	80/80	cm
	Lt 15-19	Pracetak	70/70	cm
	Lt 20 - 24	Pracetak	65/65	cm
	Lt 25-Atap	Pracetak	55/55	cm

Tabel 5. 3. Dimensi Struktur Primer

<b>Struktur Primer</b>				
<b>Elemen</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
<i>Shearwall</i>	Tipikal	Cast-in situ	35	cm
Pile Cap	Tipe 1	Cast-in situ	240 x 240 x 150	cm
	Tipe 2	Cast-in situ	240 x 480 x 150	cm
	Tipe 3	Cast-in situ	240 x 720 x 150	cm
	Tipe 4	Cast-in situ	720x 720 x 200	cm
SpunPile	Tipikal	Diameter	60	cm
		Kedalaman	23	m

- Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727 : 2013. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan peraturan di atas.
- Struktur Apartemen The Conexio LRT Superblock sudah dimodelkan menggunakan program bantu ETABS sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- Semua elemen direncanakan pracetak kecuali tangga, dinding geser dan balok yang diapit oleh dinding geser untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan.
- Penulangan yang telah didesain sudah direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013
- Sistem sambungan pada elemen kolom pracetak menggunakan produk sambungan *coupler sleeve* dari *NMB Splice Sleeve* yaitu dengan menggunakan konsep *coupler* yang ditanam pada kolom lalu dilakukan *inject grouting* dengan produk dari *SS Mortar*. Sambungan bersifat basah dan

monolit dan dalam analisisnya panjang penyaluran tidak dibutuhkan karena dengan sambungan ini antar tulangan kolom sudah dianggap menerus dan komposit. Sedangkan untuk elemen balok induk ke kolom atau balok anak ke balok induk sambungan menggunakan produk dari *Peikko Group*, yaitu menggunakan *Modix Rebar Coupler*, setelah di sambungan maka akan di grouting dengan produk SS Mortar.

7. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang produk WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan pile cap berdasarkan metode tegangan design.
8. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Apartemen The Conexio akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad pada lampiran.

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan Tugas Akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, gambaran mengenai konsep design sambungan yang akan diterapkan pada elemen pracetak sangatlah penting. Karena dengan adanya gambaran mengenai konsep desain sambungan ini, kita akan mengetahui apakah sambungan yang direncanakan dapat diterapkan atau tidak.
2. Pada saat erection dan instalasi sambungan elemen pracetak, dibutuhkan pengawasan yang baik. Saat proses erection, ketinggian pada saat pengangkatan, maupun sudut angkat harus diperhatikan, jika tidak, dikhawatirkan akan terjadi kegagalan struktur akibat gaya tak terduga pada saat proses pengangkatan.
3. 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.

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M, (2007). “Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa”. Seminar dan Pameran HAKI 2007.
- Ancon Building (2018). ‘Precast Connections Using Grout Sleeve Coupler Systems’, JURNAL CONCRETE, Reinforcement And Accessories, pp. 27-28.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1727:2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Dunham C.W., 1984, *The Theory and Practice of Reinforced Concrete*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Dewi, RSK (2011) ‘Konstruksi Pracetak Tahan Gempa Pada Rumah Susun Sewa Sederhana Universitas Muhammadiyah Malang’, Media Teknik Sipil, 9(1).
- Elliot, K.S., (2002) ‘Precast Concrete Structures’, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Ervianto, W.I. (2006) Eksplorasi Teknologi Dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting. 1<sup>st</sup> Edition

Edited by F.S.Suyantoro. Yogyakarta: C.V. ANDI OFFSET

Fajar N (2017) 'Pengaruh Dinding Geser Terhadap Perencanaan Kolom Dan Balok Bangunan Gedung Beton Bertulang', JURNAL MOMENTUM, 19(1), pp. 19-22.

Ge H., Cheng J. (2016) Development and Seismic Behavior of Precast Concrete Beam-to-Column Connections', Journal of Earthquake Engineering, 0(0), pp. 1-23.

Geraldine S., H. S. Lew (1985), 'Performance of Precast Concrete Beam-to-Column Connections Subject to Cyclic Loading', PCI Journal, pp. 56-67

L.B. Kriz dan H. Raths (1965) 'Connections in Precast Concrete Structures-Strength Of Corbels' PCI Journal, Proceedings Paper, pp. 16-61.

Patrisko H., Servie O., dan Ronny P. (2018) 'Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus', JURNAL SIPIL STATIK, 6(6), pp. 361-372.

PCI. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 7<sup>th</sup> Edition. Chicago: PCI Industry Handbook Committee.

Nurjannah, S. (2011) 'Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif Pada Teknologi Konstruksi Indonesia Yang Mendukung Efisiensi Energi Serta Ramah Lingkungan', JURNAL PROSIDING AvoER ke-3. 3(1), pp. 234-235.



- Noorhidana, V.A. (2009) 'Sambungan Basah (Wet Joint) Terhadap Beban Ultimit', JURNAL REKAYASA, 12(1)
- P. Riva, A. Belleri (2012) 'Seismic Performance And Retrofit Of Precast Concrete Grouted Sleeve Connections' PCI JOURNAL. 57(1), pp. 97-109
- Umi K, Suprpto S, dan Bambang S (2009) 'Perilaku Lentur Panel Beton Semi Precast Pada Daerah Lapangan Tanpa Metode Perkuatan Elemen Pracetak', JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA, 12(2), pp. 109-122.
- Tanto D., Azis M., Dimas K., dan Jati U. (2015) 'Evaluasi Penggunaan Beton Precast Di Proyek Konstruksi', JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL, 4(1), pp. 126-134.
- Tjahjono ,E. dan Purnomo, H. (2004) 'Pengaruh Penempatan Penyambungan Pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Praceak Bagian Sisi Luar', Makara Teknologi, 8(3), pp. 90-97.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan...”

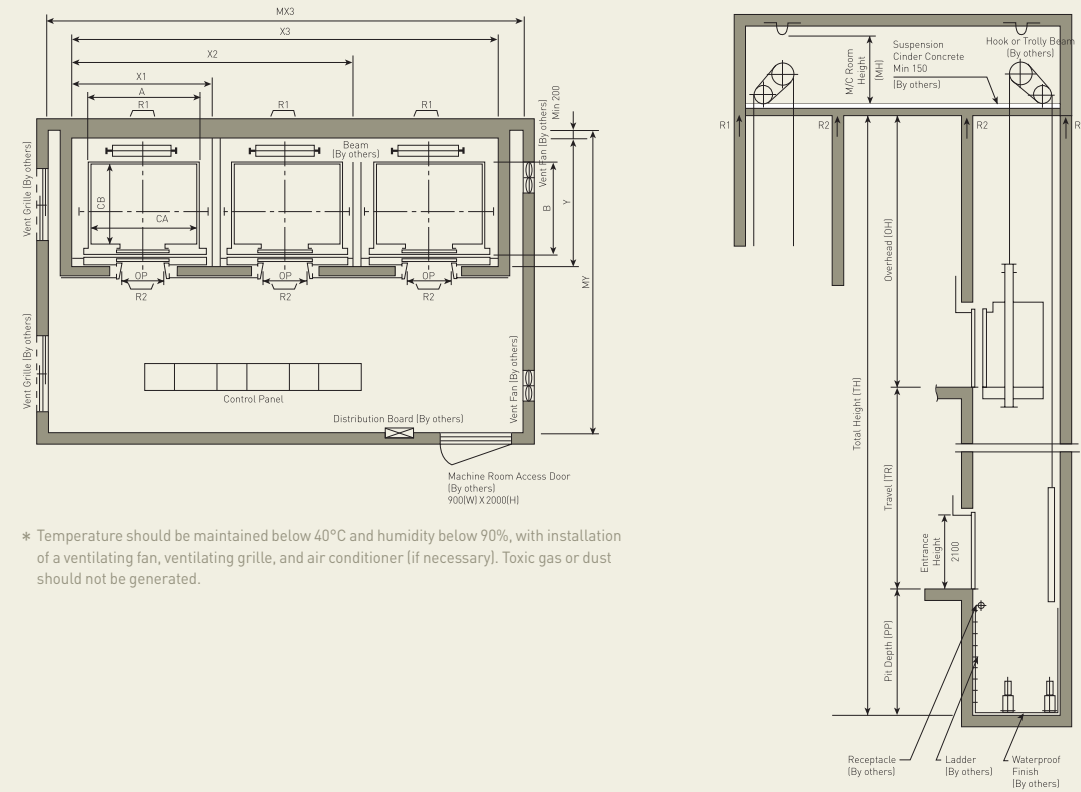
**LAMPIRAN**

# INSTALLATION LAYOUT PLAN & STANDARD DIMENSIONS



The hoistways of the i-XEL occupy a minimum of space. They are the result of joint research and design by Hyundai Elevator's top engineers and designers. In addition to offering outstanding technologies, the hoistways have a high-class design, enabling building owners to use building space to maximum effect and passengers to enjoy a comfortable, beautiful space.

## Plan of Hoistway & Machine Room (In-Line Arrangement of 3 Units) / Section of Hoistway



\* Temperature should be maintained below 40°C and humidity below 90%, with installation of a ventilating fan, ventilating grille, and air conditioner (if necessary). Toxic gas or dust should not be generated.

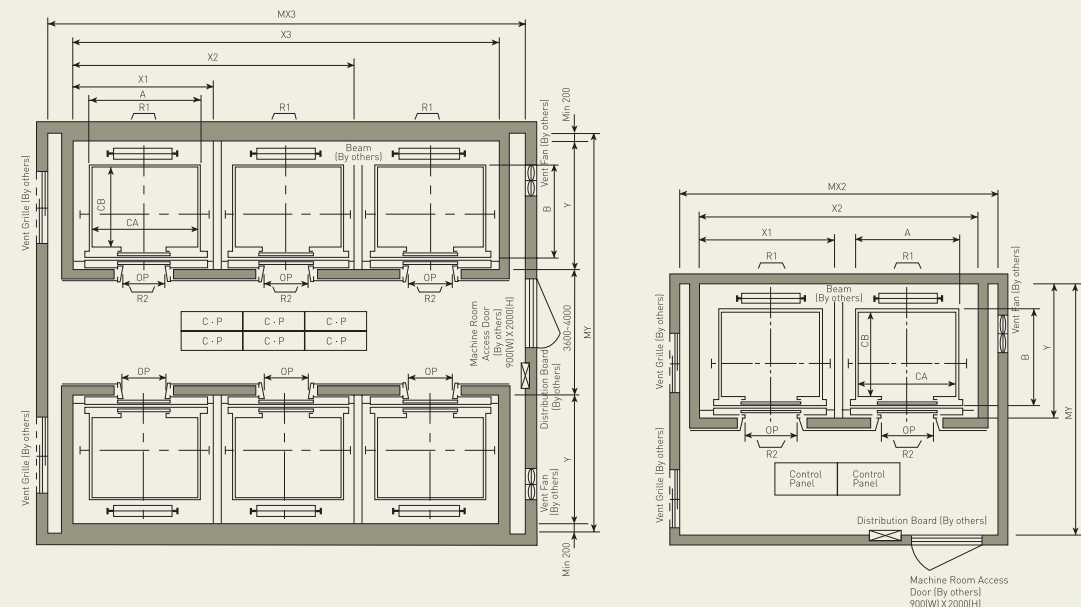
## Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (M/Min)	Persons/Capacity		Clear Opening OP	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
	persons	[kg]		Internal CA x CB	External A x B	1Car x1	2Cars x2	3Cars x3	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	Depth MY	R1	R2
180	13	900	900	1600x1350	1700x1520	2300	4550	6900	2150	2800	5500	7900	4500	12030	6630
				1600x1500	1700x1670	2300	4550	6900	2300	2800	5500	7900	4700	12810	6950
	15	1000	1000	1800x1500	1900x1670	2500	4950	7500	2350	3000	6100	8800	4700	13080	7130
				2000x1350	2100x1520	2700	5350	8100	2200	3200	6250	9100	4500		
	20	1350	1100	1800x1700	1900x1870	2500	4950	7500	2550	3000	6100	8900	5000	14360	7650
				2000x1500	2100x1670	2700	5350	8100	2350	3200	6250	9100	4700		
24	1600	1100	2000x1750	2100x1920	2700	5350	8100	2600	3200	6250	9100	5000	15090	8080	
			2150x1600	2250x1770	2850	5650	8550	2450	3400	6500	9400	4900			
210 240	15	1000	900	1600x1500	1700x1670					5600	8200	4900	12810	7800	
				1800x1300	1900x1470					5000	7550	2150	5800	8400	4900
	17	1150	1000	1800x1500	1900x1670					6100	8900	4900	14100	8000	
				2000x1350	2100x1520					5400	8150	2200	6200	9000	4900
	20	1350	1100	1800x1700	1900x1870					6100	8800	5000	15100	8050	
				2000x1500	2100x1670					5400	8150	2350	6200	9000	5000
24	1600	1100	2000x1750	2100x1920					6400	9000	5000	15700	8100		
			2150x1600	2250x1770					5700	8650	2450	6500	9400	5000	

1. The minimum hoistway dimensions are shown in the above table. Some allowances should be made in consideration of the sloping of the hoistways.
2. The above dimensions assume use of cars with center opening doors. Consult Hyundai for dimensions with side opening doors.
3. For elevators with capacity of more than 1800kg consult Hyundai.
4. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
5. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

## Face-to-Face Arrangement



(Unit : mm)

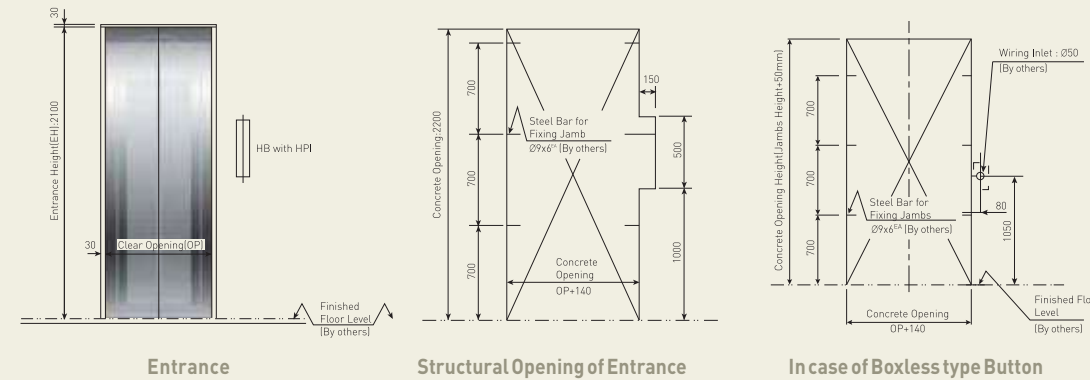
Speed (M/Min)	Overhead (OH)	Top Clearance (TC)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
180	6000	2300	2700	2500
210	6400	2700	3200	2800
240	7100	3350	3850	2800

1. The above table shows minimum figures. Therefore, some allowances should be made considering errors that may occur during construction.
2. Above dimensions are applied in case car height is 2800 mm. In case car height is over 2800 mm, overhead should be applied above dimension plus additional height.

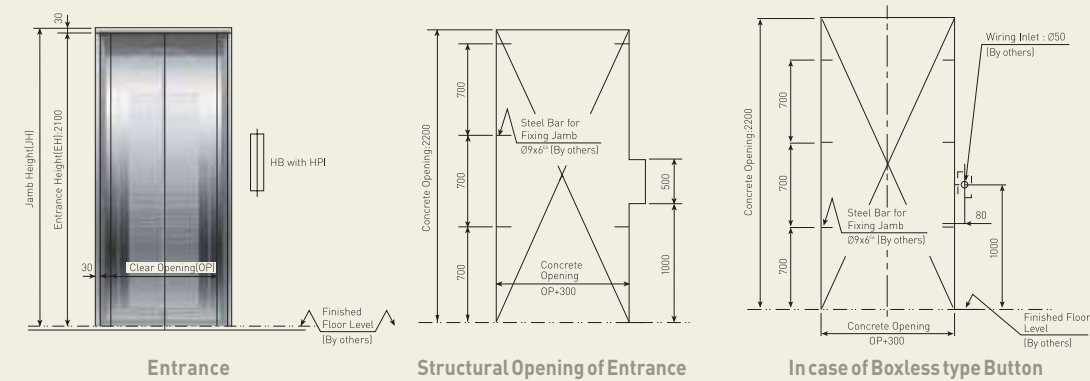
# TYPICAL ENTRANCE LAYOUTS

(Unit : mm)

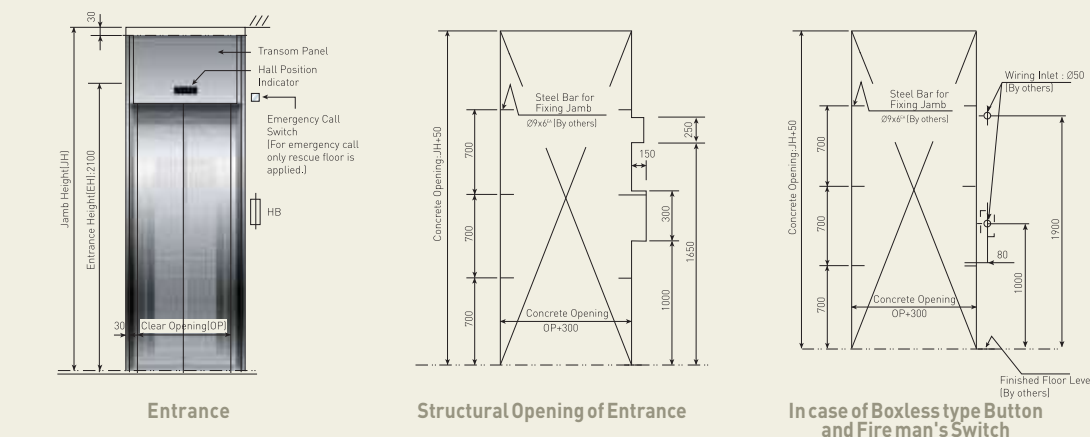
## JP050 Type (Standard)



## JP100 Type (Optional)



## JP200 Type (Optional)



# WORK TO BE DONE BY OTHER CONTRACTORS

(CONDITIONS FOR ESTIMATE)

The following works are not included in the elevator contract, and shall be done by other contractors in accordance with Hyundai Elevator's drawings and the applicable codes and regulations.

## Building Work

### Hoistway

1. Clear, plumb hoistway with fire resistant hatch walls as required by the applicable code. [Rule 100.1a]
2. 75° bevel guards on all projections, recesses, or setbacks over 50mm except on side used for loading or unloading. [Rule 100.6]
3. Venting of the hoistway as required by the applicable code or responsible authority. [Rule 100.4]
4. Supports for rail brackets at each floor, roof, and machine room. [Rule 200.9] Maximum allowable vertical spacing of rail supports without backing. [Rule 200.4 and 301.1]
5. Divider beams 100mm between hoistway at each floor and roof, for guide rail bracket supports. [Rule 200.4, 200.9 and 301.1]
6. Recesses supports and patching as required to accommodate hall button boxes, signal fixtures, etc.
7. All barricades either outside elevator hoistways or between inside hoistways as required.
8. Dry pit reinforced to sustain normal vertical forces from rails and buffers. [Rule 106.1b and 109] Consult Hyundai Elevator Company for rail forces and buffer impacts. Where there is space below the pit floor that can be occupied, consult Hyundai Elevator Company for special requirements. [Rule 300.4] Cylinder hole, casings under the pit as required, and backfilling around the cylinder casings when direct plunger type is to be installed.
9. Where access to the pit is by means of the lowest hoistway entrance, vertical iron ladder extending 1060mm minimum above sill of access door. [Rule 106.1d]
10. Entrance walls and finished floor are not to be constructed until after door frames and sills are in place. Door frames are to be anchored to walls and properly grouted in place to maintain legal fire rating.
11. For application as indoor or outdoor observation elevator, a glass enclosure of at least 3.6m in height at the bottom landing is recommended for safety. For use as an outdoor observation elevator, a full-height glass enclosure is required.

### Machine Room

12. Enclosed and protected machine room. [Rule 101.1]
13. Access to the machine room and machinery space as required by the applicable code or responsible authority. [Rule 101.3]
14. Reinforced concrete machine room floor slab or grating, as specified, which must not be placed over the hoistway until elevator machinery is set in position. [Rule 100.3 for Traction Elevator] Clear access above ceiling or trench in floor, for oil line and wiring duct from machine room, if machine room is remote from elevator hoistway. [For Hydraulic Elevator] Cut out through machine room wall, for oil line and wiring duct as required by Hyundai Elevator's shop drawings. [For Hydraulic Elevator]
15. Hoisting beams, trap doors, and other means of access to machine room for maintenance and equipment removal purposes. [Rule 101.3d]
16. Cable guards in the machine room or secondary level. [Rule 104.1]
17. Supports for machine and sheave beams and reactions including wall pockets and patching after beams are set in place. [Rule 105.1 to 105.5]

## Electrical Work

### Hoistway

1. Light outlet for each elevator, in center of hoistway (or in machine room) as indicated by Hyundai Elevator Company.
2. Convenience outlet and light fixture in pit with switch located adjacent to the access door. [Rule 106.1e]
3. Wiring and piping work of emergency bell, interphone, etc. outside the hoistway and the machine room.

### Machine Room

4. Lighting, convenience outlets, ventilation, heating of machine room, and machinery space. [Rule 101.5]
5. Temperature should be maintained below 40°C by a ventilating fan and/or air conditioner, if necessary, and humidity below 90%.
6. A fused disconnect switch or circuit breaker for each elevator and light switch located per the applicable code and where practicable located adjacent to the door of the machine room. [Rule 210.5 and 306.7]
7. Feeder and branch wiring to the controller, including main-line switch and convenience outlets.
8. Suitable power feeder and branch wiring circuits as required for elevators with power-operated doors, including disconnect switch or circuit breaker.

### Emergency Provisions

9. Elevator fireman's and other emergency services wiring and interconnections to automatic sprinkler systems or heat and smoke sensing devices furnished by others and installed to terminal points on the elevator controllers.
10. When emergency power operation of elevators is required, the electrical contractor should coordinate with Hyundai Elevator Company or local distributor for operation requirements.
11. Elevator fireman's and other emergency service requirements may differ from each country. Consult Hyundai Elevator Company or local distributor for other local requirements.
12. When provisions for earthquake protection are required, consult Hyundai Elevator Company for special requirements.

### HEAT EMISSION OF MACHINE ROOM

$$Q[\text{kcal/H}] = W \times V \times F \times N$$

W: Capacity (kg)  
V: Speed  
F: Factor  
N: Number of cars  
F: 1/40-VVF

## Electric Power Requirements (By others)

(50/60Hz, 380V)

Persons	Capacity (kg)	Speed (m/min)	Motor (kW)	C.B. Rated Current(A)			Transformer Capacity(kVA)			Power Feeder(mm²)			Earth Wire(mm²)		
				1Car	2Cars	3Cars	1Car	2Cars	3Cars	1Car	2Cars	3Cars	1Car	2Cars	3Cars
13	900	180	16.6	50	100	150	18	33	47	10	25	50	6	16	35
				60	100	150	20	37	52	10	25	50	6	16	35
15	1000	210	23.0	75	125	175	26	46	65	16	35	50	10	25	35
				100	150	200	29	52	74	25	50	70	16	35	50
17	1150	180	21.2	75	125	175	24	42	60	16	35	50	10	25	35
				100	150	200	28	50	71	16	35	50	10	25	35
20	1350	240	26.0	100	175	225	33	60	85	25	50	70	16	35	50
				150	200	280	39	70	99	35	70	120	25	50	95
24	1600	210	30.0	100	175	225	33	60	85	25	50	70	16	35	50
				150	200	280	39	70	99	35	70	120	25	50	95
		240	40.0	125	225	300	44	80	113	35	70	120	25	50	95

1. The above power sizes are for lengths of electric wire up to 50 meters from the elevator machine room to the transformer. For lengths of 50 meters or more, the following formula should be applied: Power feeder size (mm²) = Power feeder length(m) X size in the above (mm²) / 50
2. Above power feeder sizes are for copper wires inside electro-metallic tubing.
3. It is recommended a larger diameter earth wire be used.
4. For installing several elevators, apply the following formula: Transformer Capacity (kVA) = Number of elevator X Diversity factor
5. For AC-Geared elevators, consult Hyundai Elevator.
6. Consult Hyundai if you need electric power requirements for 220V.

Number of Elevator(N)	1	2	3	4	5
Diversity factor	1.00	0.91	0.85	0.80	0.76



# NMB

# SPLICE

## NMB SPLICE-SLEEVE

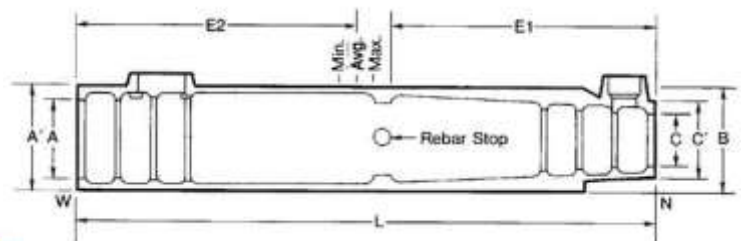
**Steel Specification:** The material properties of the NMB Splice-Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Models 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX 11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

**Grout Specification:** The grout used in the NMB must be non-metallic, “SS Mortar®”. Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

<b>Type 2 (ACI)</b>	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	<b>9,500 psi</b>
<b>Type 1 &amp; AASHTO</b>	(125% Fy = 75 ksi)	<b>6,500 psi</b>
<b>Yield Strength</b>	(100% Fy = 60 ksi)	<b>3,000 psi</b>

NOTE: To allow for variations in curing, typically cube breaks of 4, 000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.

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)	5.71 (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 (246)	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)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)



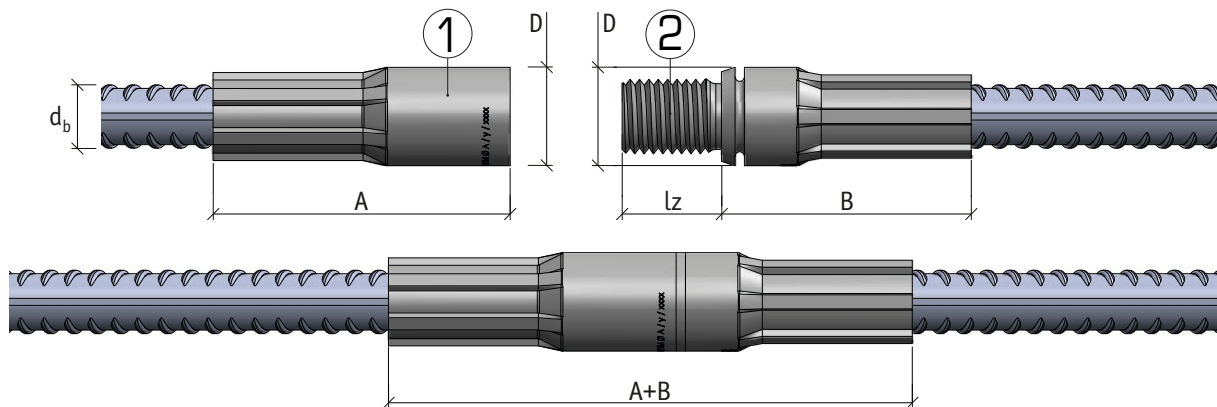
**MODIX® SM** (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

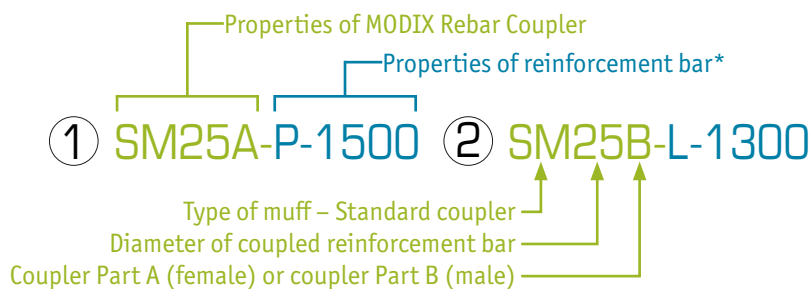


Coupler type	Bar $\varnothing$ $d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing$ D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length $l_z$ [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green

- Part A and Part B can be ordered separately.



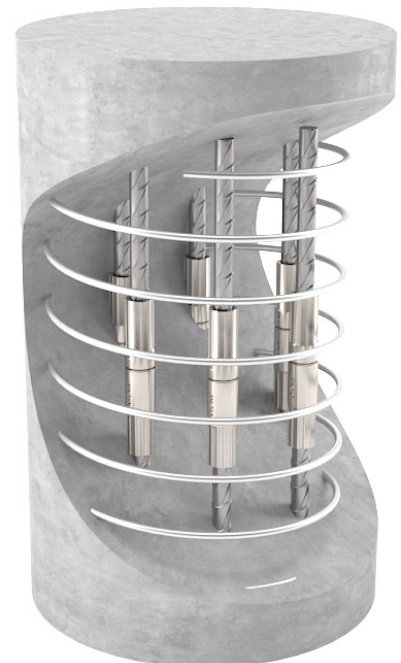
Example of a product code:



\*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

**Application**

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.



## MODIX® PM (Position Coupler)

- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar $\varnothing d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing D$ [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A $l_e$	Length $l_1$	Length $l_2$	Length of position sleeve $l_h$	Length threaded bar $l_{gs}$	Max. free spacing $l_{mont}$	Length L	ISO metric thread M	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green

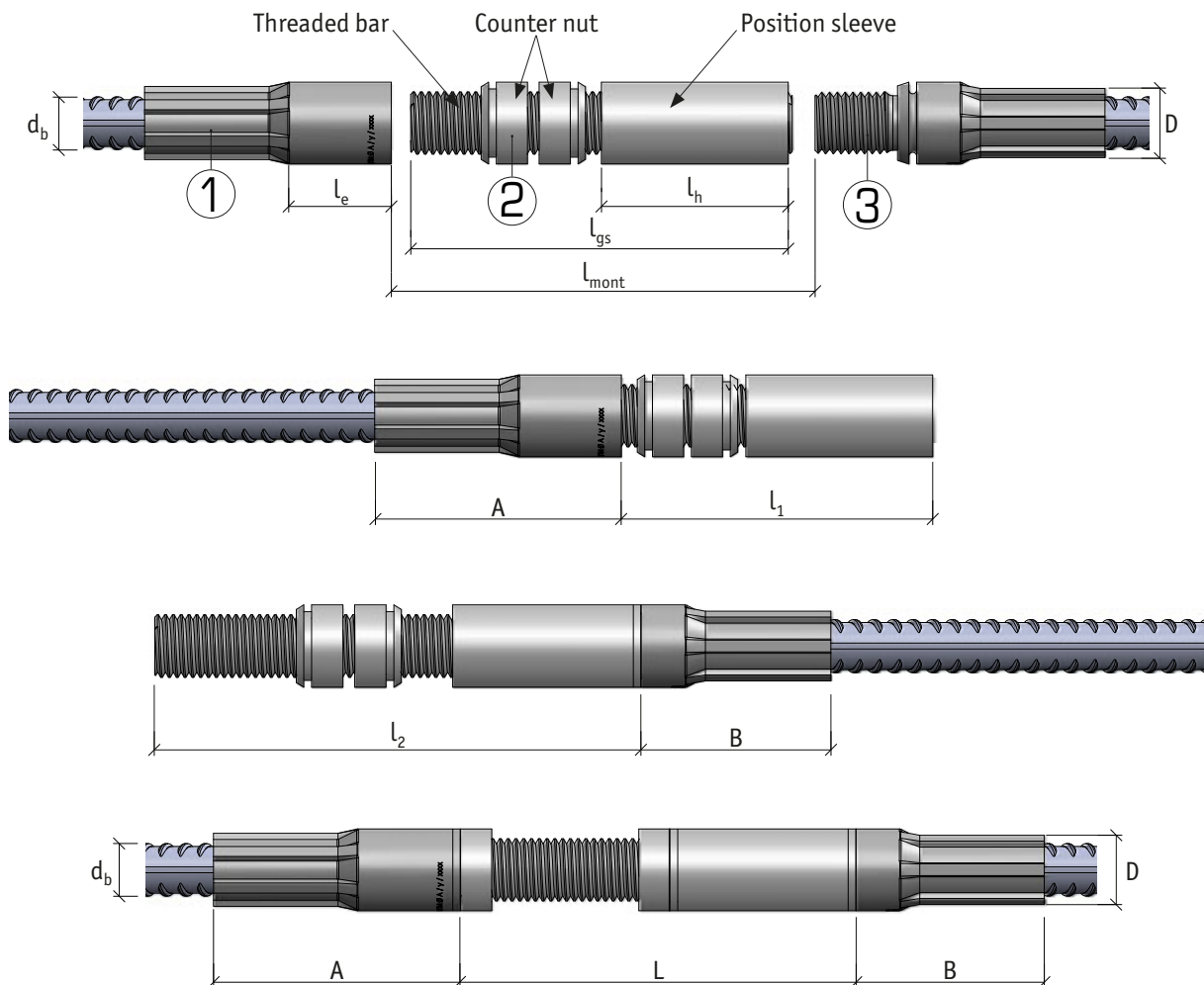




Table 3. MODIX rebar Product shape list.

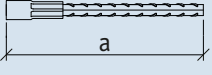
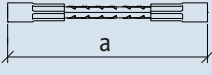
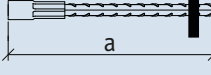
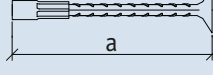
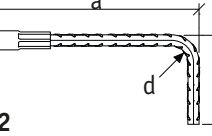
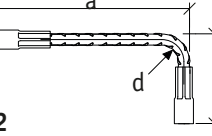
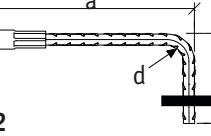
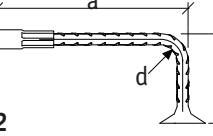
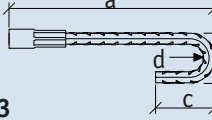
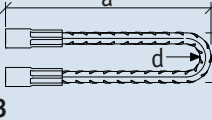
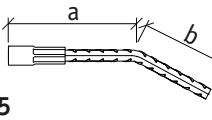
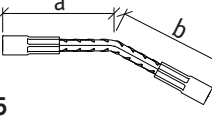
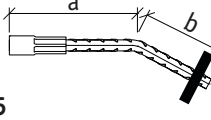
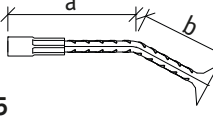
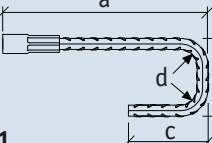
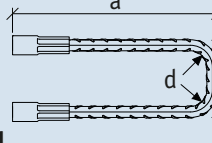
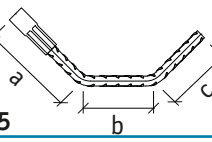
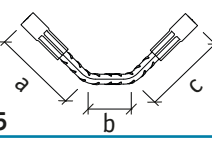
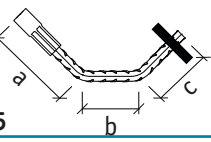
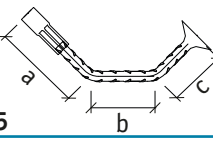
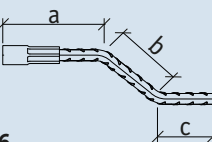
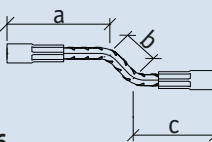
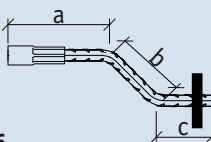
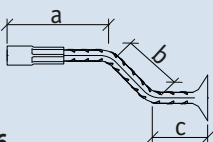
P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L - Headed stud
			
<p><b>P</b> <b>D</b> <b>E</b> <b>L</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a</math>                      Example of product code: SM25A-E-1200</p>			
			
<p><b>P12</b> <b>D12</b> <b>E12</b> <b>L12</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a + b - \frac{1}{4}d - d_b</math>                      Example of product code: SM25A-P12-1200(500)</p>			
			
<p><b>P13</b> <b>D13</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a + 0.57b + c - 1.57d_b</math> or <math>l_e = 2a + 0.57b - 1.57d_b</math>                      Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)</p>			
			
<p><b>P15</b> <b>D15</b> <b>E15</b> <b>L15</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a + b</math>                      Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))</p>			
			
<p><b>P21</b> <b>D21</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_b</math>                      Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)</p>			
			
<p><b>P25</b> <b>D25</b> <b>E25</b> <b>L25</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(-45)-600-(-45))</p>			
			
<p><b>P26</b> <b>D26</b> <b>E26</b> <b>L26</b></p> <p>Total length calculation: <math>l_e = a + b + c</math>                      Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(-45)-600-(-45))</p>			

Table 2. Dimensions of SRA/WAL/TF/SRASW inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions						SRA	WAL	TF Short	TF Long	SRASW
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Ød <sub>1</sub> [mm]	ØD1 [mm]	g [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]
12	12	15.0	22	8	24		195	135	100	150	
14	14	18.0	25	10	30		235	170	105	155	
16	16	21.0	27	12	36		275	215	130	175	
18	18	24.0	34	14	42		305	235	150	225	
20	20	27.0	35	14	42	50	360	270	180	250	605
24	24	31.0	43	16	48	60	400	350	200	275	715
30	30	40.0	56	20	60	60	505	450	275	350	850
36	36	47.0	68	25	75	70	690	570	335	450	1100
42	42	54.0	80	28	84	70	840	620	385	500	1250
52	52	67.0	100	32	96	70	950	880	550	700	1500

Cross-hole inserts, such as CSA or ESA, can cover more individual geometry. Thanks to their short length, they can be utilized in a wide range of elements. Additional rebar is needed and can easily be installed. Figure 9 and Table 3 show the dimensions of these products.

Figure 9. CSA and ESA insert types.

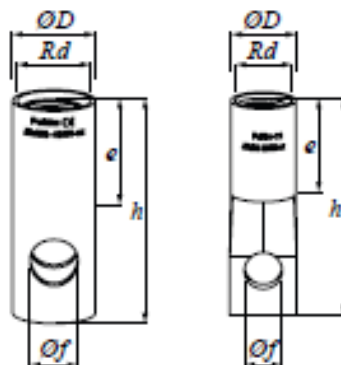



Table 3. Dimensions of CSA/ESA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions				CSA	ESA
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øf [mm]	h [mm]	h [mm]
12	12	15.0	22	8.0	40	60
14	14	18.0	25	10.5	47	70
16	16	21.0	27	13.0	54	77
18	18	24.0	34	13.0	65	85
20	20	27.0	35	15.5	67	92
24	24	31.0	43	18.0	77	100
30	30	40.0	56	22.5	105	
36	36	47.0	68	27.5	125	
42	42	54.0	80	32.0	145	
52	52	67.0	100	40.0	195	

The safe working load (SWL) capacities are based on specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting the insert, take note of the selection assumptions in this manual.

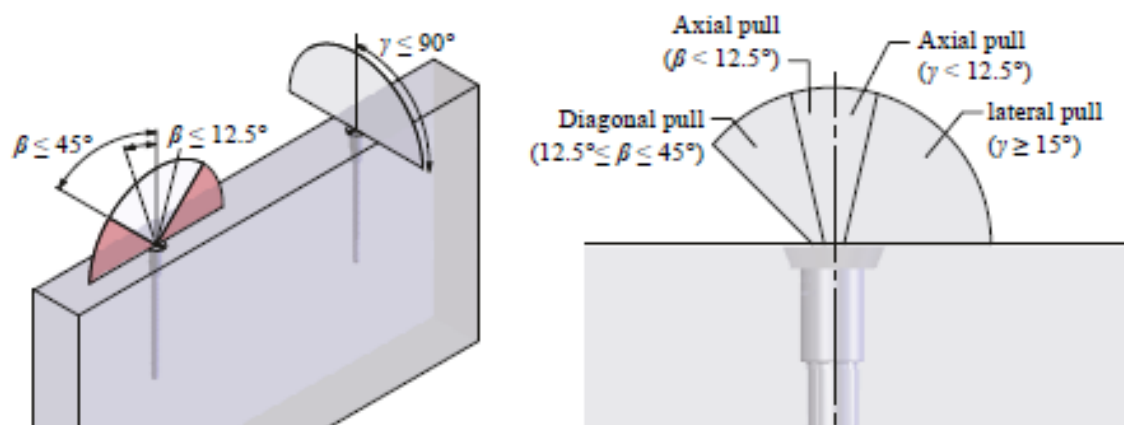
**The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15MPa.**  Min 15MPa

The safe working loads (SWL) of JENKA Long Inserts are shown in *Table 6*. Take care to select inserts that are suitable for the planned load directions. *Figure 10* illustrates the load directions related to this table.

*Table 6. Safe working load (SWL) for JENKA Long Inserts.*

Item No. JRd/JM	Load Class	SRA, WAL, TF, ESA, CSA, SWL for $\beta$ of 0-45° [kN]	SRA, WAL, TF SWL for $\gamma$ of 90° [kN]	SRASW SWL for $\beta$ 0-30° [kN]
12	500	5	2.5	
14	800	8	4	
16	1200	12	6	
18	1600	16	8	
20	2000	20	10	20
24	2500	25	12.5	25
30	4000	40	20	40
36	6300	63	31.5	63
42	8000	80	40	80
52	12500	125	62.5	125

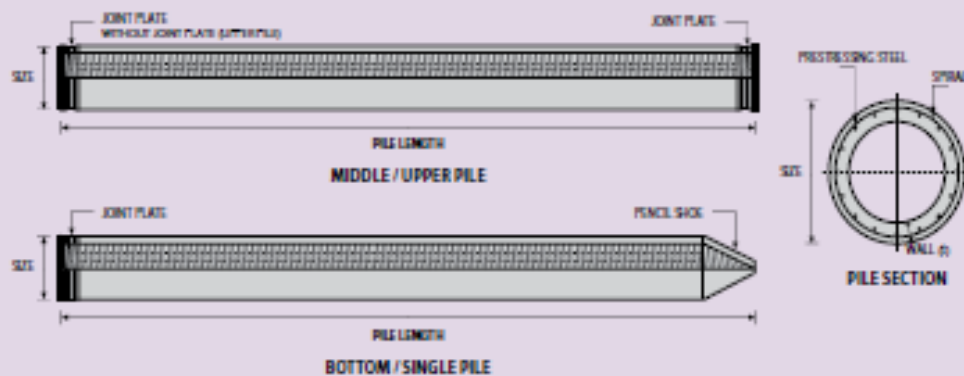
*Figure 10. Load directions for JENKA Long Inserts.*



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° and lateral pull resulting from tilting up is only permitted with additional reinforcement according to the following section.

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
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

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

# JL8032 Jiang Lu Tower Crane



Tipe : JL8032  
 Produksi : Jiang Lu

## Model

- Undercarriage Attached
- Stationary Attached
- Stationary

## Karakteristik Mekanisme

Hoisting height (m)	Fall	Stationary		Undercarriage Stationary		Attached	
	a=2	59		66		302	
	a=4	59		66		150	
	a=6	59		66		100	
Max. hoisting capacity		26					
Max. radius		80					
Hoisting mechanism	Fall	a=2		a=4		a=6	
	Hoisting capacity(T)	4	8	8	16	13	26
	Speed(m/min)	0-93	0-46.5	0-46.5	0-23	0-31	0-15.5
	Power(Kw)	90					
	Maximum rope capacity	730m(>730m Consult us)					
Slewing mechanism	Blockage torque(N.m)	3x120					
	Speed(r/min)	0-0.63					
Trolley mechanism	Blockage torque(N.m)	120					
	Speed(m/min)	0-70					
Climbing mechanism	Rated working pressure(Mpa)	35					
Total power(Kw)		125(Exclusive of climbing motor)					
Working temperature		Minus 20°C to 40°C					
Power supply		380V/50Hz					

Load Diagram

**When jib length=80m**

R	2.5-14.4	24	30	36	42	48	54	60	65	70	75	80	m	
a=6	26	14.4	10.6	8.3	6.7	5.5	4.6	3.9	3.4	2.9	2.6	2.3	T	
a=4	16(-22m)	14.7	11.3	9	7.4	6.2	5.3	4.6	4.1	3.6	3.3	3	T	
a=2	8(-40m)					7.6	6.4	5.5	4.8	4.3	3.8	3.5	3.2	T

**When jib length=75m**

R	2.5-14.8	24	30	36	42	48	54	60	65	70	75	m
a=6	26	14.3	11.2	8.6	7	5.8	4.9	4.1	3.6	3.2	2.8	T
a=4	16(-22m)	15	11.9	9.3	7.7	6.5	5.6	4.8	4.3	3.9	3.5	T
a=2	8					7	6.1	5.3	4.8	4.4	4	T

**When jib length=70m**

R	2.5-17.1	24	30	36	42	48	54	60	65	70	m
a=6	26	17.3	13.2	10.5	8.6	7.1	6	5.2	4.6	4.1	T
a=4	16	13.9	11.2	9.3	7.8	6.7	5.9	5.3	4.8	T	
a=2	8(-50m)						7.3	6.5	5.9	5.4	T

**When jib length=65m**

R	2.5-17.9	24	30	36	42	48	54	60	65	m
a=6	26	18.4	14	11.2	9.2	7.7	6.5	5.6	5	T
a=4	16(-27m)	14.8	12	10	8.5	7.3	6.4	5.8	T	
a=2	8(-50m)						7.5	6.6	6	T

**When jib length=60m**

R	2.5-18.2	24	30	36	42	48	54	60	m
a=6	26	18.8	14.4	11.5	9.4	7.9	6.7	5.8	T
a=4	16(-25m)	15.1	12.2	10.1	8.6	7.4	6.5	T	
a=2	8(-52m)						7.6	6.7	T





PROJECT : APARTEMEN

DATE : 10-12/11/2017

LOCATION : CIKUNIR

BORING : DB2

DEPTH (m)	INTERVAL	SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	150			N	SPT. CURVE												
				mm	mm	mm		10	20	30	40	50								
1.00																				
2.00					2	2	3	5												
3.00																				
4.00			Lempung kelanauan (silty CLAY) dengan konsistensi medium stiff, berwarna merah		2	2	3	5												
5.00																				
6.00					2	2	3	5												
7.00																				
8.00			Lempung kelanauan (silty CLAY) dengan konsistensi medium stiff, berwarna abu-abu coklat		2	3	4	7												
9.00																				
10.00					2	2	3	5												
11.00			Lempung kelanauan (silty CLAY) dengan konsistensi medium stiff, berwarna abu-abu coklat																	
12.00					2	3	3	6												
13.00																				
14.00			Lempung kelanauan (silty CLAY) dengan konsistensi medium stiff, berwarna abu-abu coklat		2	3	3	6												
15.00																				
16.00			Lempung kelanauan (silty CLAY) dengan konsistensi medium stiff, berwarna abu-abu coklat		5	7	20	27												
17.00																				
18.00			Lempung kelanauan (silty CLAY) dengan konsistensi hard, berwarna abu-abu		7	12	18	30												
19.00																				
20.00				7	15	17	32													

MAT : +8.50m

LEGEND	
	UNDISTURBED SAMPLE
	SPT
	CLAY
	SILT
	CLAYEYSILT
	SILTYCLAY
	ORGANIK
	SAND



PROJECT : APARTEMEN

DATE : 10-12/11/2017

LOCATION : CIKUNIR

BORING : DB2

DEPTH (m)	INTERVAL	SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	150			N BLOWS	SPT. CURVE						
				mm	mm	mm		10	20	30	40	50		
21.0			Lempung kelanauan (silty CLAY) cadas, dengan konsistensi hard, berwarna abu-abu											
22.0				8	15	19	34							
23.0			Lanau kelempungan (clayey SILT) membatu, dengan konsistensi hard, berwarna abu-abu											
24.0				14	23	32	55							
25.0														
26.0			Lanau lempung kepasiran (sandy membatu, dengan konsistensi hard, berwarna abu-abu											
27.0				11	17	23	40							
28.0														
29.0			Lanau kelempungan (clayey SILT) membatu, dengan konsistensi hard, berwarna abu-abu											
30.0				15	25	35	60							
31.0				14	24	35	59							
32.0			Lanau lempung kepasiran (sandy membatu, dengan konsistensi hard, berwarna abu-abu											
33.0				18	28	$\frac{35}{10}$	>60							
34.0				20	30	$\frac{30}{7}$	>60							
35.0			Lanau lempung kepasiran (sandy membatu, dengan konsistensi hard, berwarna abu-abu											
36.0				16	23	38	>60							
37.0														
38.0			Lempung kelanauan (silty CLAY) dengan konsistensi very stiff, berwarna abu-abu											
39.0				9	12	18	30							
40.0				8	12	15	27							

LEGEND	
	UNDISTURBED SAMPLE
	SPT
	CLAY
	SILT
	CLAYEYSILT
	SILTYCLAY
	ORGANIK
	SAND



PROJECT : APARTEMEN  
 LOCATION : CIKUNIR



**SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT**

Sample No.					
Bore Hole No.			DB 2	DB 2	DB 2
Sample Depth			1.50 - 2.00	7.50 - 8.00	9.50 - 10.00
Gradation	Gravel	%			
	sand	%	2.08	4.72	2.06
	Silt	%	28.17	36.78	51.19
	Clay	%	69.75	58.50	76.75
Liquit Limit		%	91.00	87.60	90.20
Plastic Limit		%	35.48	36.15	37.72
Plasticity indeks		%	55.52	51.45	52.48
Shrinkage Limit		%			
Specific Gravity			2.612	2.605	2.588
Dry Density		t/m <sup>3</sup>	1.036	1.033	0.917
Coefficient of Permeability		cm/sec			
Natural State	Water Content	%	47.16	51.73	65.80
	Wet Density	t/m <sup>3</sup>	1.524	1.568	1.520
	Void Ratio		1.521	1.522	1.822
	Porosity		0.603	0.603	0.646
	Degree of Saturation	%	80.99	88.54	93.46
unc. Comp	Compressive strength	kg/cm <sup>2</sup>	0.893	0.905	0.575
	Sensivity				
Triaxial	Cohesion	kg/cm <sup>2</sup>			
	Cohesion eff.	kg/cm <sup>2</sup>			
	Angle of internal friction	in °			
	Angle of internal friction eff.	in °			
D.S	Cohesion	kg/cm <sup>2</sup>			
	Angle of internal friction	in °			
C.C	Coeff.of consolidation	cm <sup>2</sup> /sec	6.372 x 10 <sup>-4</sup>	7.141 x 10 <sup>-4</sup>	6.715 x 10 <sup>-4</sup>
	Compression index		0.46	0.34	0.77
Comp action	Optimum Moisture Content	%			
	Max.Dry Density	t/m <sup>3</sup>			
	Sample condition	%			
CBR	Test condition	t/m <sup>3</sup>			
	Water Content	%			
	Dry Density				
	CBR				

Remarks :

PROJECT : APARTEMEN  
 LOCATION : CIKUNIR



**SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT**

Sample No.				
Bore Hole No.			DB 2	DB 2
Sample Depth			11.50 - 12.00	13.50 - 14.00
Gradition	Gravel	%		
	sand	%	2.70	23.54
	Silt	%	47.30	44.56
	Clay	%	50.00	31.90
Liquit Limit		%	95.80	96.50
Plastic Limit		%	38.44	37.81
Plasticity indeks		%	57.36	58.69
Shrinkage Limit		%		
Specific Gravity			2.563	2.612
Dry Density		t/m <sup>3</sup>	0.861	0.796
Coefficient of Permeability		cm/sec		
Natural State	Water Content	%	76.10	89.78
	Wet Density	t/m <sup>3</sup>	1.516	1.492
	Void Ratio		1.977	2.281
	Porosity		0.664	0.695
	Degree of Saturation	%	98.66	100.00
unc. Comp.	Compressive strength	kg/cm <sup>2</sup>	0.868	0.831
Triaxial	Sensivity			
	Cohesion	kg/cm <sup>2</sup>		
	Cohesion eff.	kg/cm <sup>2</sup>		
	Angle of internal friction	in °		
D.S.	Angle of internal friction eff.	in °		
	Cohesion	kg/cm <sup>2</sup>		
C.C.	Angle of internal friction	in °		
	Coeff.of consolidation	cm <sup>2</sup> /sec	7.105 x 10 <sup>-4</sup>	6.411 x 10 <sup>-4</sup>
C.C.	Compression index		0.71	0.74
	Optimum Moisture Content	%		
Comp action	Max.Dry Density	t/m <sup>3</sup>		
	Sample condition	%		
CBR	Test condition	t/m <sup>3</sup>		
	Water Content	%		
	Dry Density			
	CBR			

Remarks :

Subsurface Condition	Pen. Resist Range N BPF	Strain at 50% Max. Stress ε <sub>50</sub>	Poissons Ratio u	Shear Strength		Young's Modulus Range E <sub>s</sub> <sup>*</sup> PSI	Shear Modulus Range G <sup>**</sup> PSI	Shear Wave Velocity FPS
				Su PSF	Cu Kg/cm <sup>2</sup>			
V. Soft	< 2	0.02	0.5	250	0.06	170 - 340	60 - 110	400
Soft	2 - 4	0.02	0.5	375	0.09	260 - 520	80 - 170	550
Medium	4 - 8	0.02	0.5	750	0.18	520 - 1040	170 - 340	750
Stiff	8 - 15	0.01	0.45	1500	0.36	1040 - 2080	340 - 690	900
Very Stiff	15 - 30	0.005	0.4	3000	0.72	2080 - 4160	690 - 1390	1100
Hard	30+	0.004	0.35	4000	0.96	2890 - 5780	960 - 1930	1200
	40	0.004	0.35	5000	1.20	3470 - 6940	1150 - 2310	1300
	50	0.004	0.35	6000	1.44	4160 - 8330	1390 - 2770	1400
	60	0.0035	0.3	7000	1.68	4860 - 9720	1620 - 3240	1500
	80	0.0035	0.3	9000	2.15	6250 - 12500	2080 - 4160	1600
	100	0.003	0.25	11000	2.63	7640 - 15270	2540 - 5090	1700
	120	0.003	0.25	13000	3.11	9020 - 18050	3010 - 6020	1800







DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

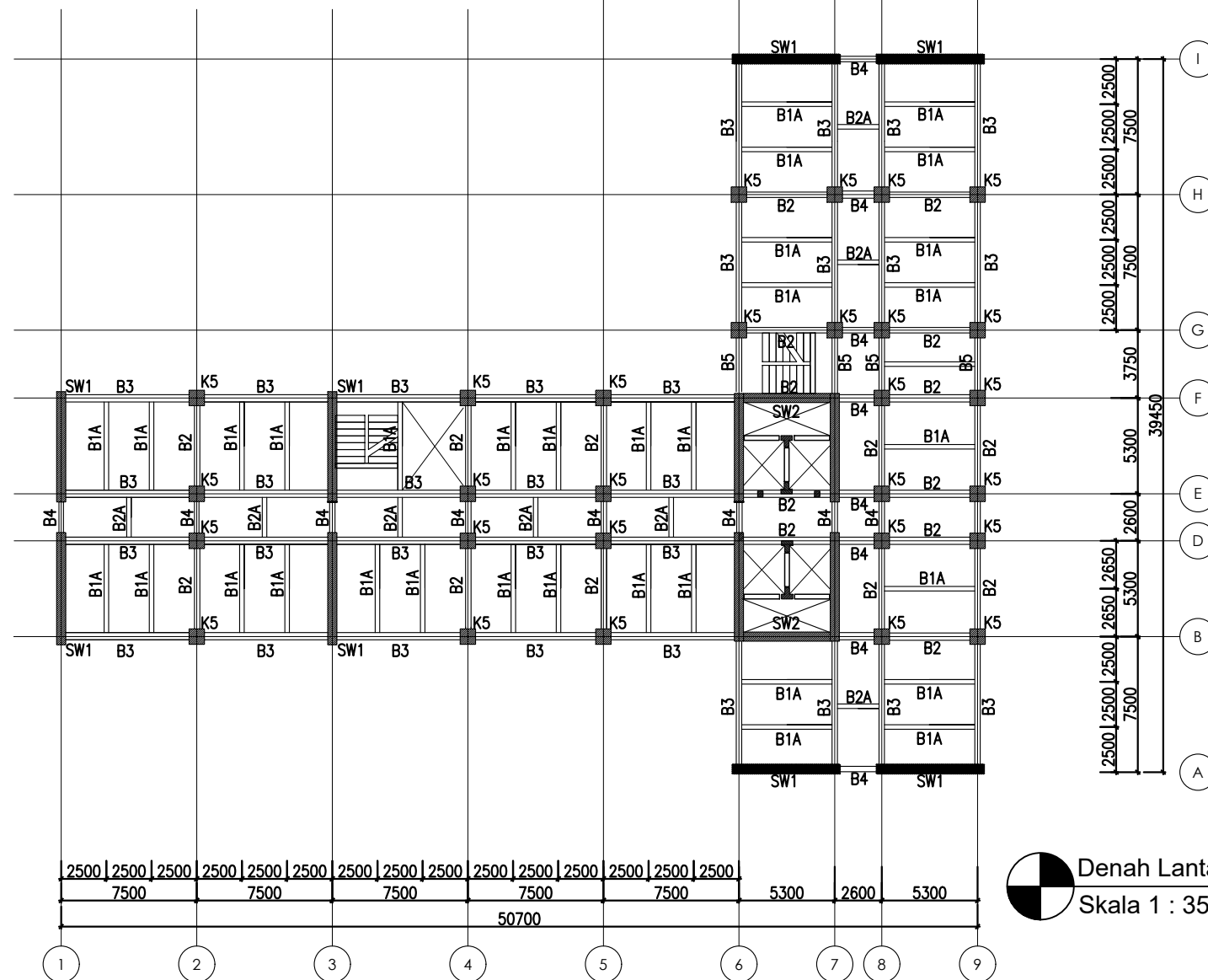
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Denah Lantai 3 - Atap

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

3	1 : 350	STR
---	---------	-----



Denah Lantai 3 - Atap  
Skala 1 : 350





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

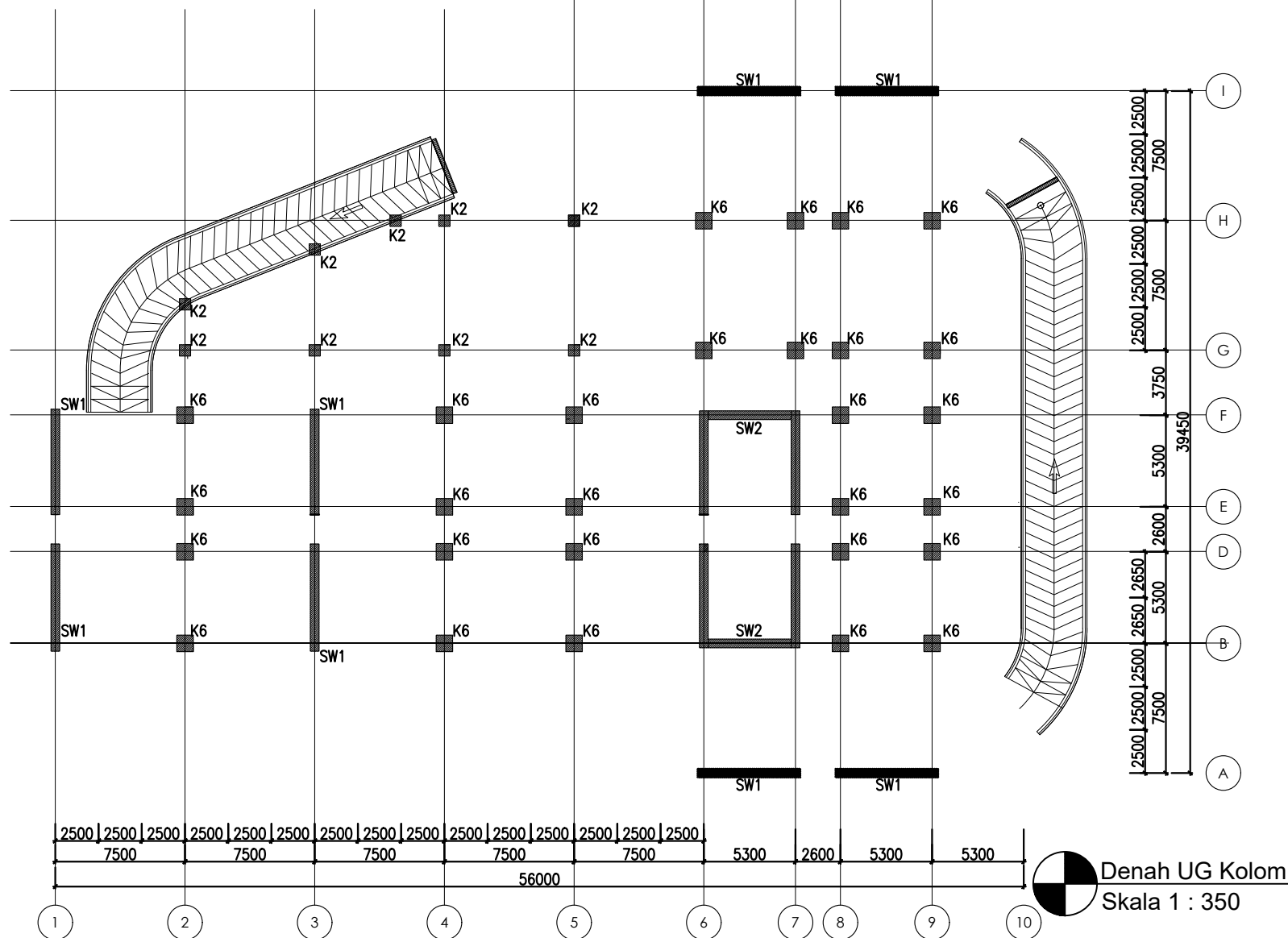
NRP

0311154000001

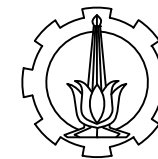
JUDUL GAMBAR

Denah UG Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
5	1 : 350	STR







DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

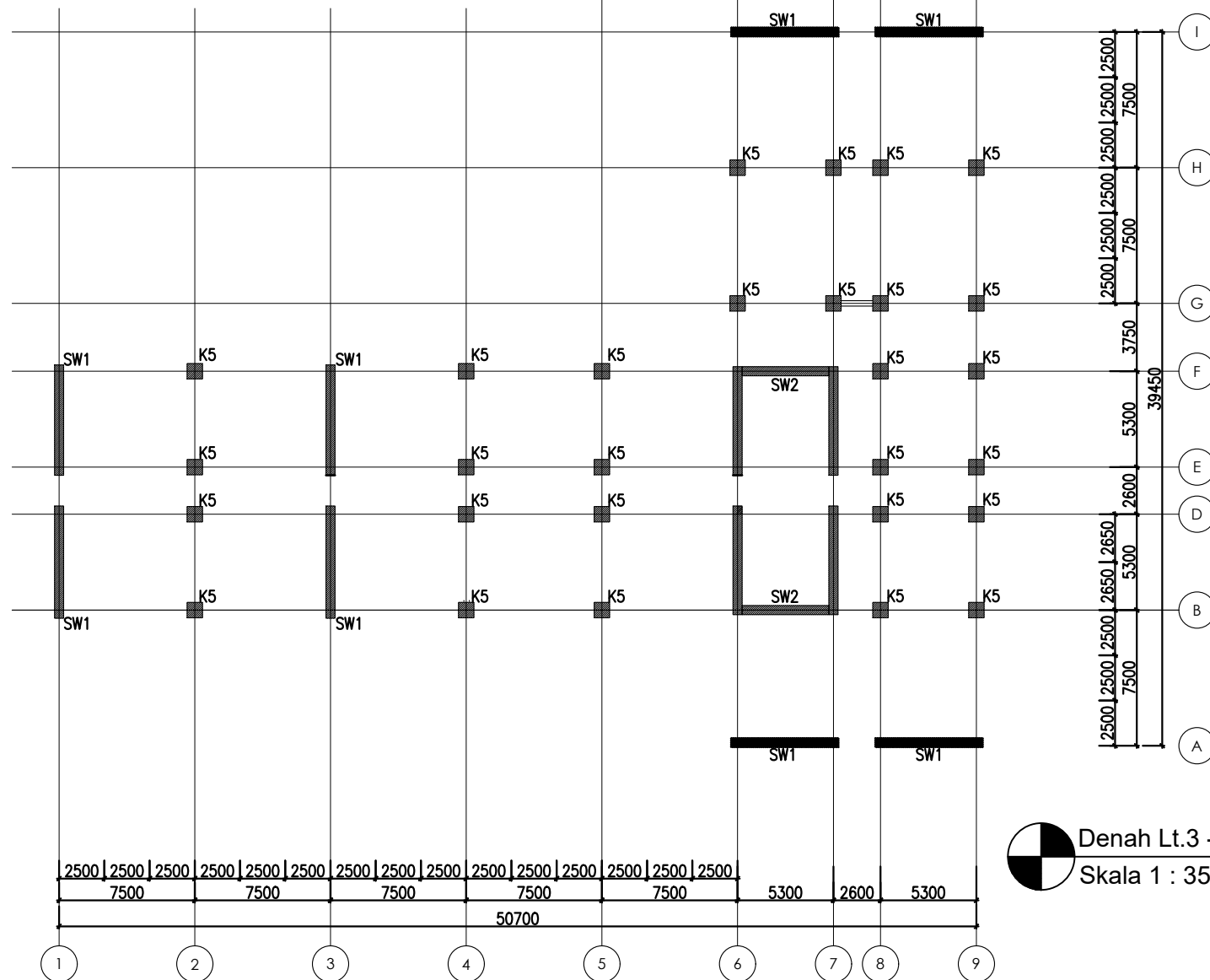
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Denah Lt.3 - Atap Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
6	1 : 350	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
7	1 : 30	STR

TYPE	K1 (550 x 550)	TYPE	K2 (650 x 650)	TYPE	K3 (700 x 700)
K1		K2		K3	
TULANGAN	12D29	TULANGAN	12D29	TULANGAN	12D29
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm	DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	4D16-100	SENGKANG TUMPUAN	4D16-100	SENGKANG TUMPUAN	4D16-100
SENGKANG LAPANGAN	4D16-150	SENGKANG LAPANGAN	4D16-150	SENGKANG LAPANGAN	4D16-150
K1		K2		K3	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X	SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X	SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X

Detail Penulangan Kolom  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

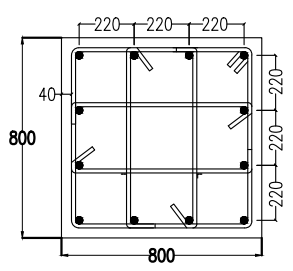
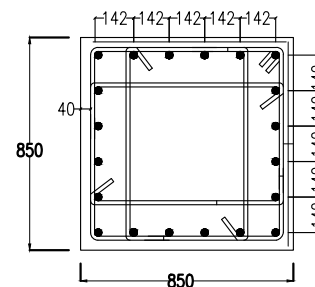
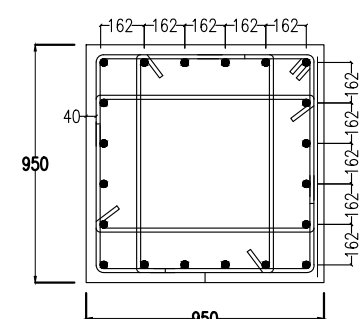
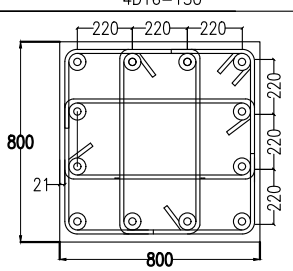
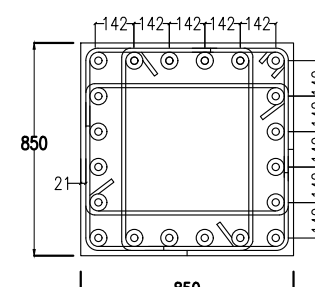
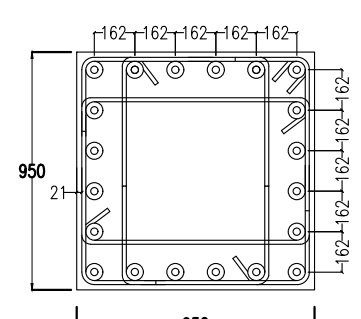
NRP


0311154000001

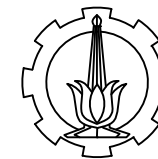
JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
8	1 : 30	STR

TYPE	K4 (800 x 800)	TYPE	K5 (850 x 850)	TYPE	K6 (950 x 950)
K4		K5		K6	
TULANGAN	12D29	TULANGAN	20D29	TULANGAN	20D29
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm	DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	4D16-100	SENGKANG TUMPUAN	4D16-100	SENGKANG TUMPUAN	4D16-100
SENGKANG LAPANGAN	4D16-150	SENGKANG LAPANGAN	4D16-150	SENGKANG LAPANGAN	4D16-150
K4		K5		K6	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X	SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X	SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X

 Detail Penulangan Kolom  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

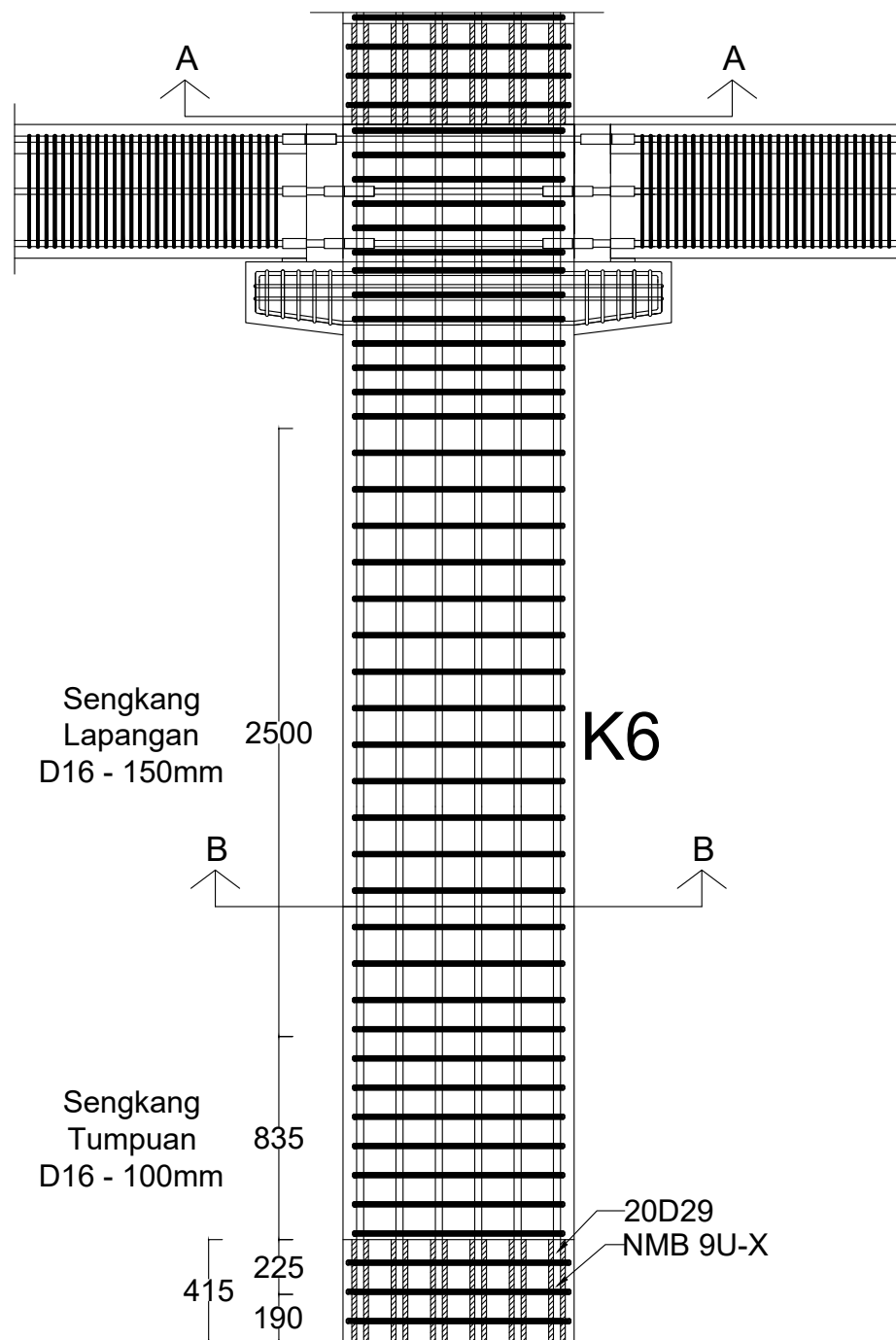
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
9	1 : 30	STR

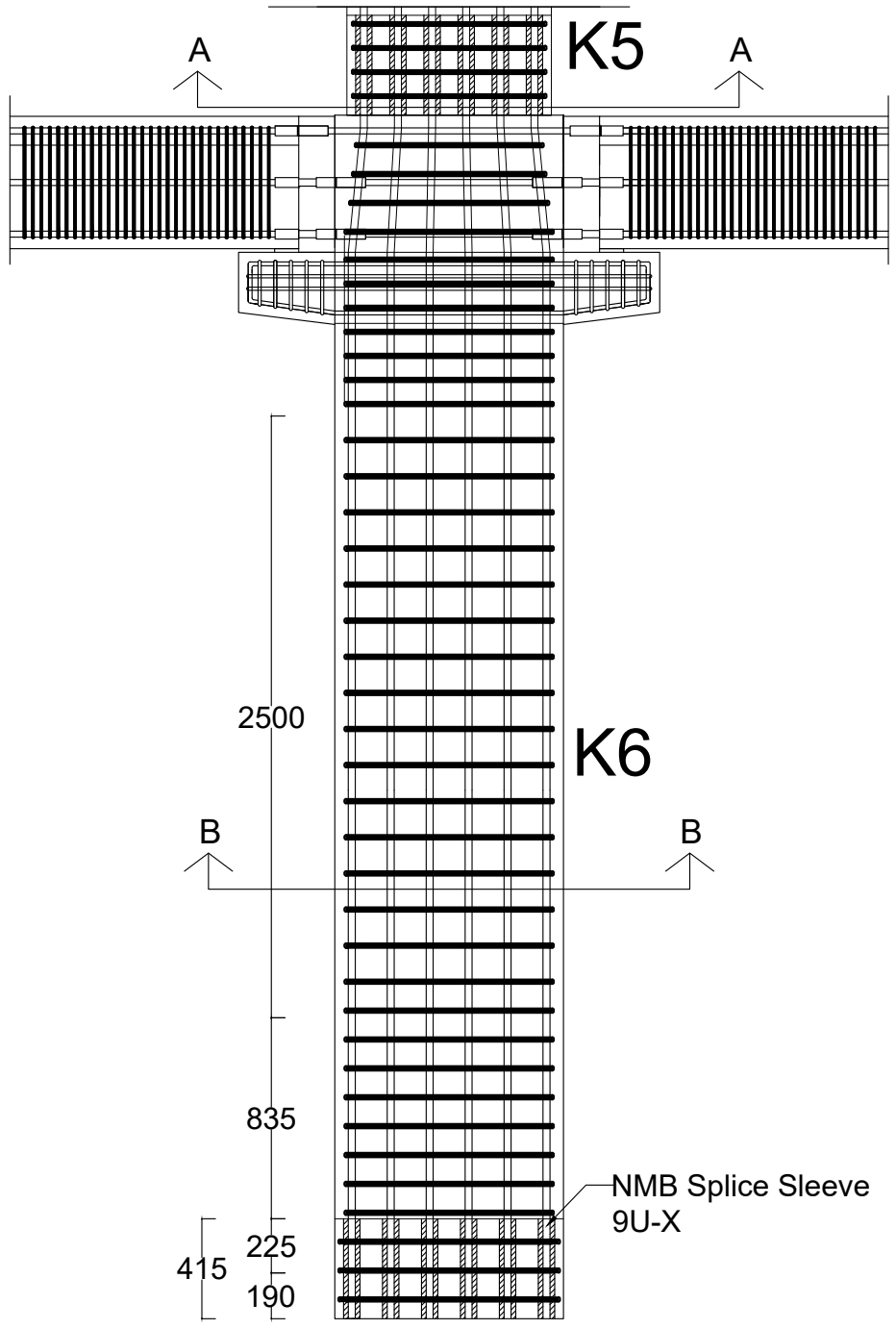


TYPE	K6 (950 x 950)
K6	
TULANGAN	20D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	4D16-100
SENGKANG LAPANGAN	4D16-150
K6	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X



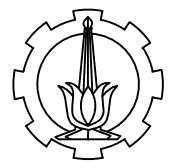
Detail Sambungan Kolom-Kolom

Skala 1 : 30



TYPE	K5 (850 x 850)
K5	
TULANGAN	20D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	4D16-100
SENGKANG LAPANGAN	4D16-150
K5	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X

**Detail Sambungan Kolom-Kolom**  
Skala 1 : 30



**DOSEN PEMBIMBING**

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

**NAMA MAHASISWA**

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

**NRP**

0311154000001

**JUDUL GAMBAR**

Detail Sambungan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
10	1 : 30	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

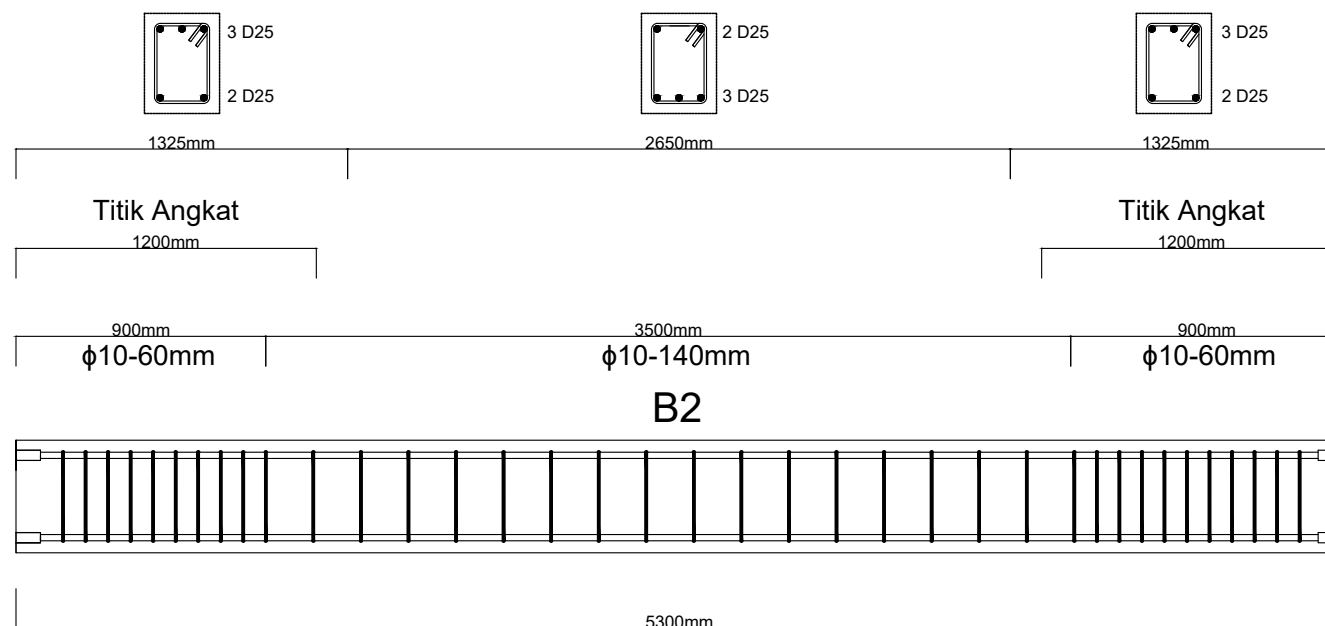
Detail Penulangan Balok

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

12

1 : 30

STR



TYPE	BI 2		TYPE	BI 2 PRECAST	
DIMENSI BXH(mm)	300 x 450		DIMENSI BXH(mm)	300 x 330	
PANJANG (mm)	5300		PANJANG (mm)	5300	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			POTONGAN		
TUL. ATAS	3D25	2D25	TUL. ATAS	3D25	2D25
TUL. BAWAH	2D25	3D25	TUL. BAWAH	2D25	3D25
TUL. PINGGANG			TUL. PINGGANG		
SENGKANG	2 $\phi$ 10-60 mm	2 $\phi$ 10-140 mm	SENGKANG	2 $\phi$ 10-60 mm	2 $\phi$ 10-140 mm



Detail Penulangan Balok B2

Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

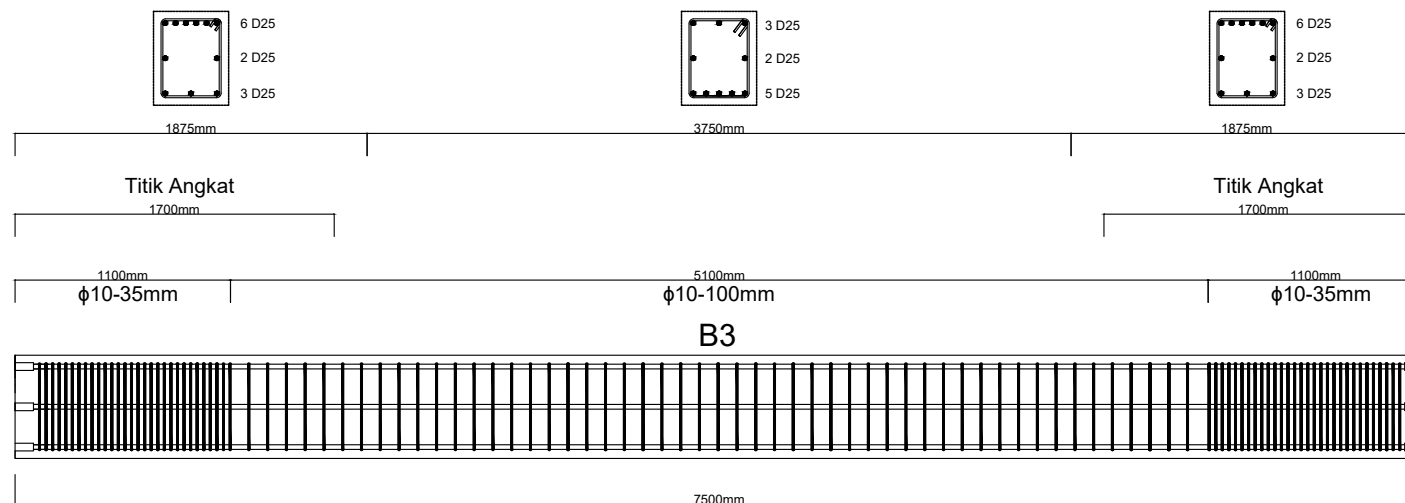
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Balok

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
13	1 : 40	STR



TYPE	Bi 3		TYPE	Bi 3 PRECAST	
DIMENSI BXH(mm)	400 X 550		DIMENSI BXH(mm)	400 X 550	
PANJANG (mm)	7500		PANJANG (mm)	7500	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			POTONGAN		
TUL. ATAS	6D25	3D25	TUL. ATAS	6D25	3D25
TUL. BAWAH	3D25	5D25	TUL. BAWAH	3D25	5D25
TUL. PINGGANG	2D25	2D25	TUL. PINGGANG	2D25	2D25
SENGKANG	2ϕ10-35 mm	2ϕ10-100 mm	SENGKANG	2ϕ10-35 mm	2ϕ10-100 mm

Detail Penulangan Balok B3  
Skala 1 : 40





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

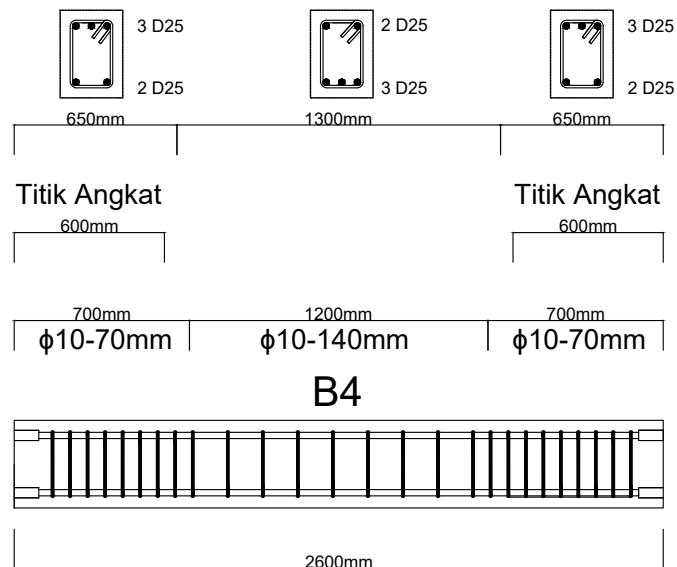
NRP

0311154000001


JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Balok

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
14	1 : 30	STR



TYPE	BI 4		TYPE	BI 4 PRECAST	
DIMENSI BXH(mm)	250 X 350		DIMENSI BXH(mm)	250 X 350	
PANJANG (mm)	2600		PANJANG (mm)	2600	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			POTONGAN		
TUL. ATAS	3D25	2D25	TUL. ATAS	3D25	2D25
TUL. BAWAH	2D25	3D25	TUL. BAWAH	2D25	3D25
TUL. PINGGANG			TUL. PINGGANG		
SENGKANG	2φ10-70 mm	2φ10-140 mm	SENGKANG	2φ10-70 mm	2φ10-140 mm

 Detail Penulangan Balok B4  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

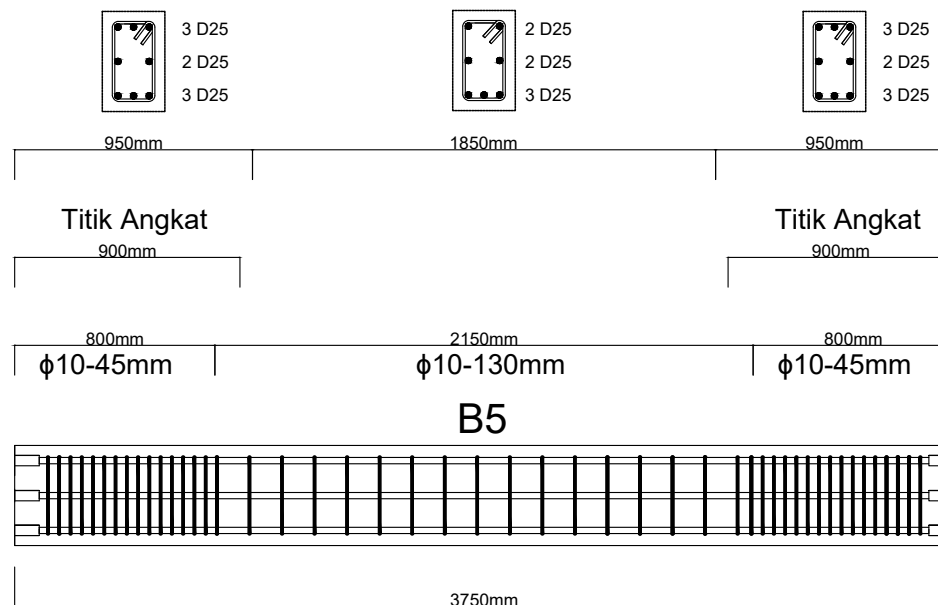
Detail Penulangan Balok

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

15

1 : 30

STR



TYPE	BI 5		TYPE	BI 5 PRECAST	
DIMENSI BXH(mm)	250 x 400		DIMENSI BXH(mm)	250 x 400	
PANJANG (mm)	3750		PANJANG (mm)	3750	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			POTONGAN		
TUL. ATAS	3D25	2D25	TUL. ATAS	3D25	2D25
TUL. BAWAH	3D25	3D25	TUL. BAWAH	3D25	3D25
TUL. PINGGANG	2D25	2D25	TUL. PINGGANG	2D25	2D25
SENGKANG	2φ10-45 mm	2φ10-130 mm	SENGKANG	2φ10-45 mm	2φ10-130 mm



Detail Penulangan Balok B5

Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

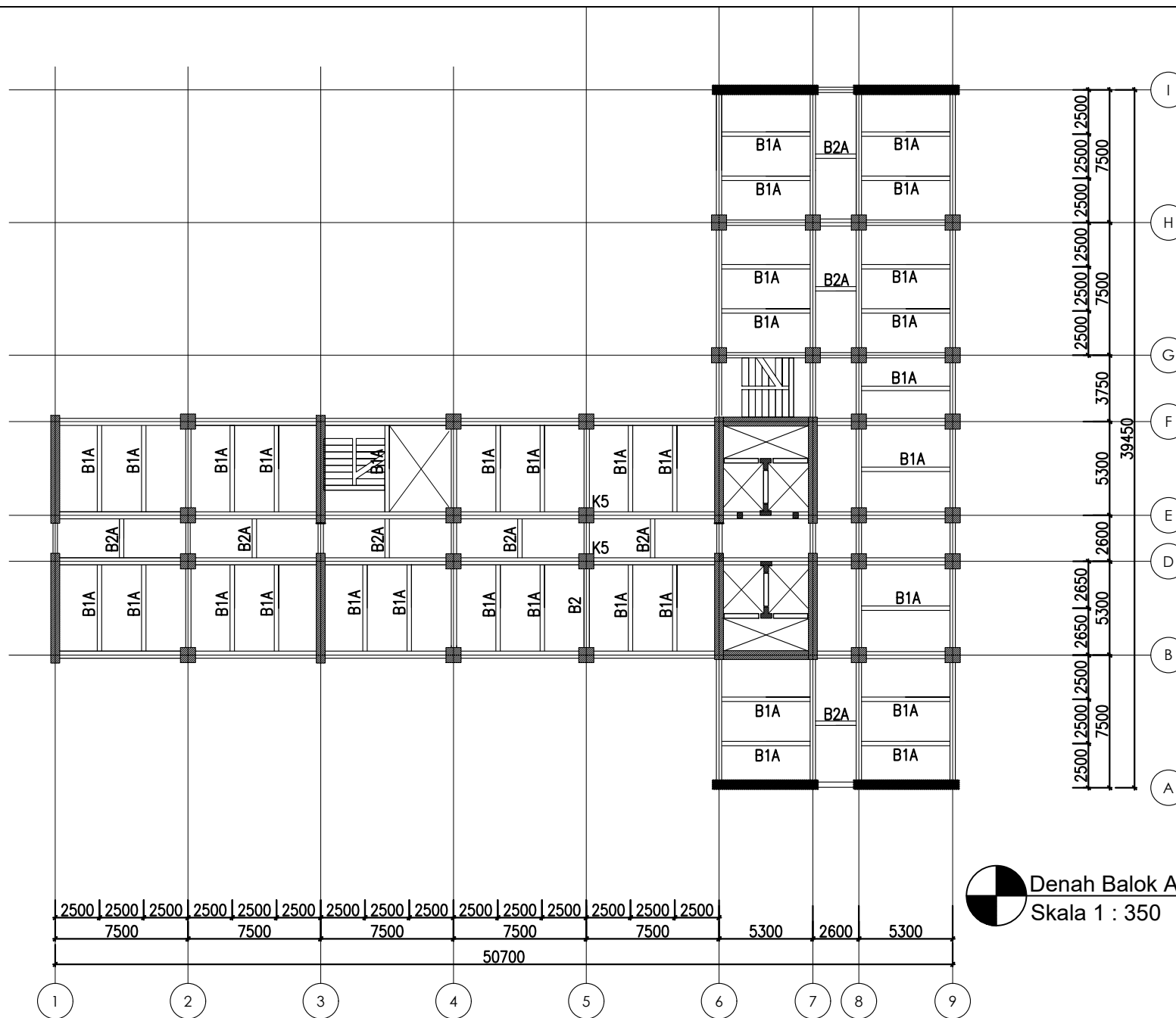
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Denah Balok Anak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
16	1 : 350	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

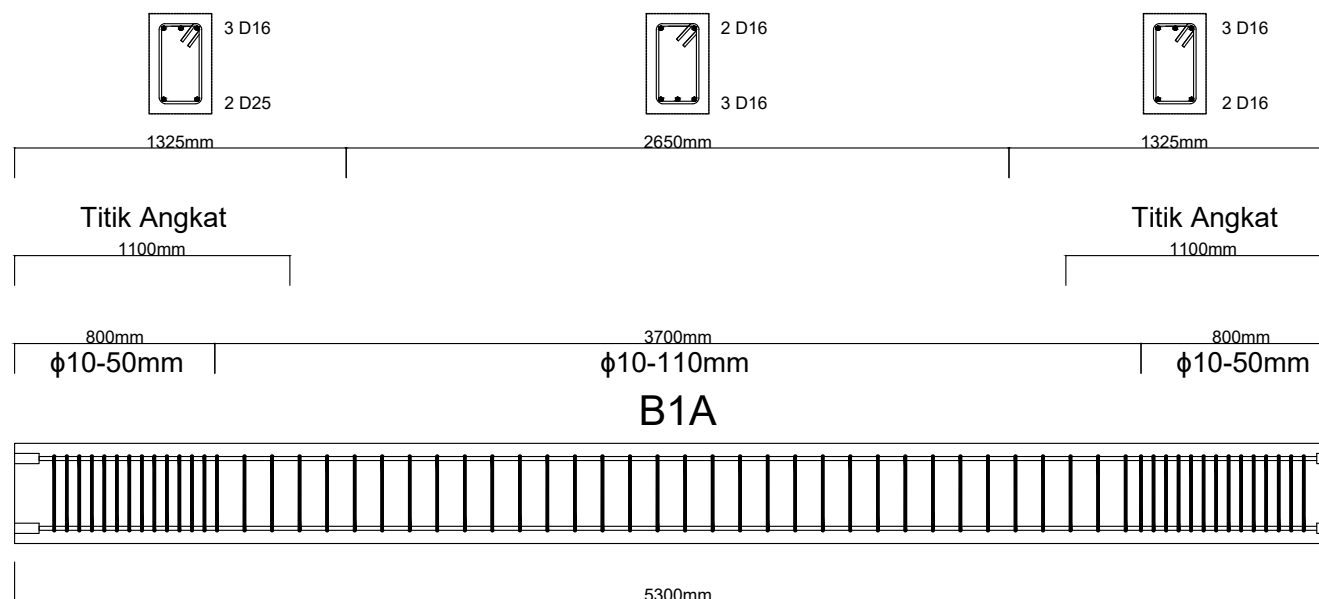
Detail Penulangan Balok

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
---------	-------	----------

17

1 : 30

STR



TYPE	BA 1		TYPE	BA 1 PRECAST	
DIMENSI BXH(mm)	250 x 400		DIMENSI BXH(mm)	250 x 400	
PANJANG (mm)	5300		PANJANG (mm)	5300	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			POTONGAN		
TUL. ATAS	3D16	2D16	TUL. ATAS	3D16	2D16
TUL. BAWAH	2D16	3D16	TUL. BAWAH	2D16	3D16
TUL. PINGGANG			TUL. PINGGANG		
SENGKANG	2φ10-50mm	2φ10-110mm	SENGKANG	2φ10-50mm	2φ10-110mm



Detail Penulangan Balok B1A

Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

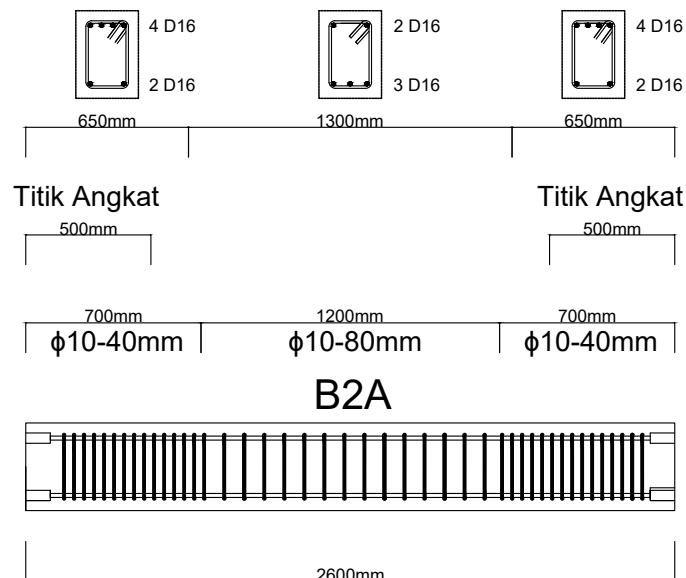
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Balok

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
18	1 : 30	STR



TYPE	BA 2		TYPE	BA 2 PRECAST	
DIMENSI BXH(mm)	250 x 350		DIMENSI BXH(mm)	250 x 350	
PANJANG (mm)	2600		PANJANG (mm)	2600	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			POTONGAN		
TUL. ATAS	4D16	2D16	TUL. ATAS	4D16	2D16
TUL. BAWAH			TUL. BAWAH		
TUL. PINGGANG	2D16	3D16	TUL. PINGGANG	2D16	3D16
SENGKANG	2φ10-40mm	2φ10-80mm	SENGKANG	2φ10-40mm	2φ10-80mm



Detail Penulangan Balok B2A

Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

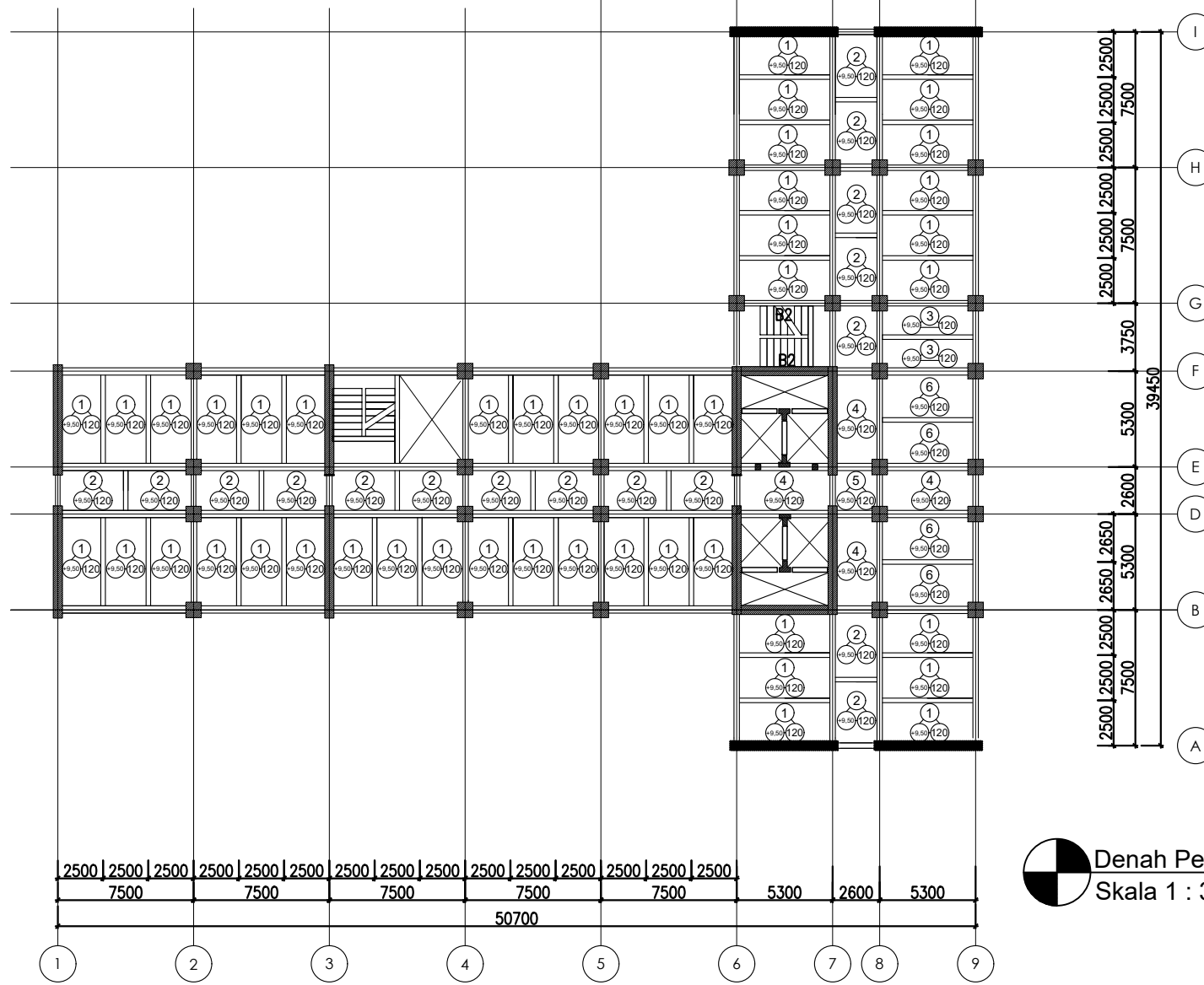
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Denah Pelat

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
19	1 : 350	STR



 Denah Pelat  
Skala 1 : 350



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

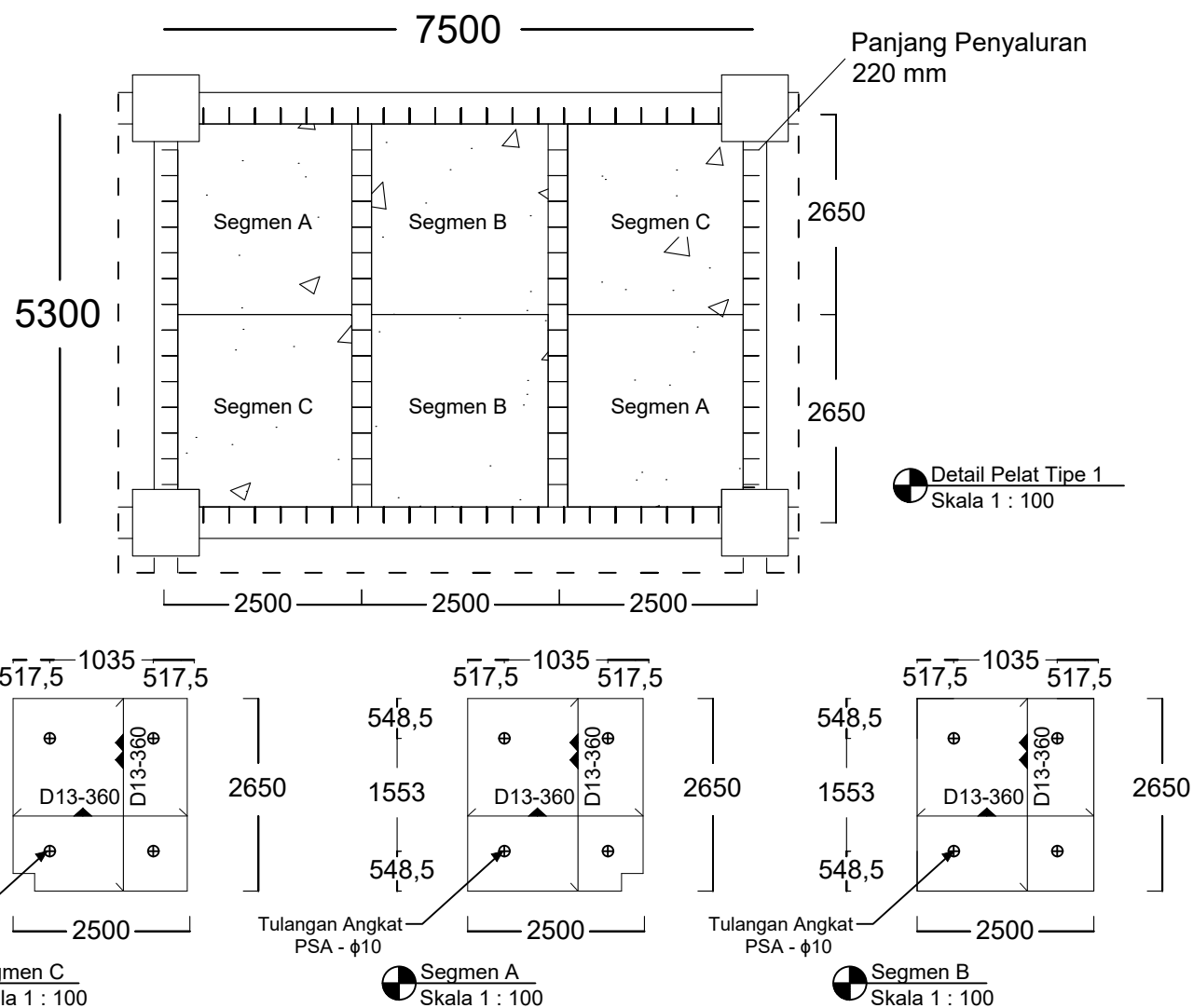
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat Tipe 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
20	1 : 100	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

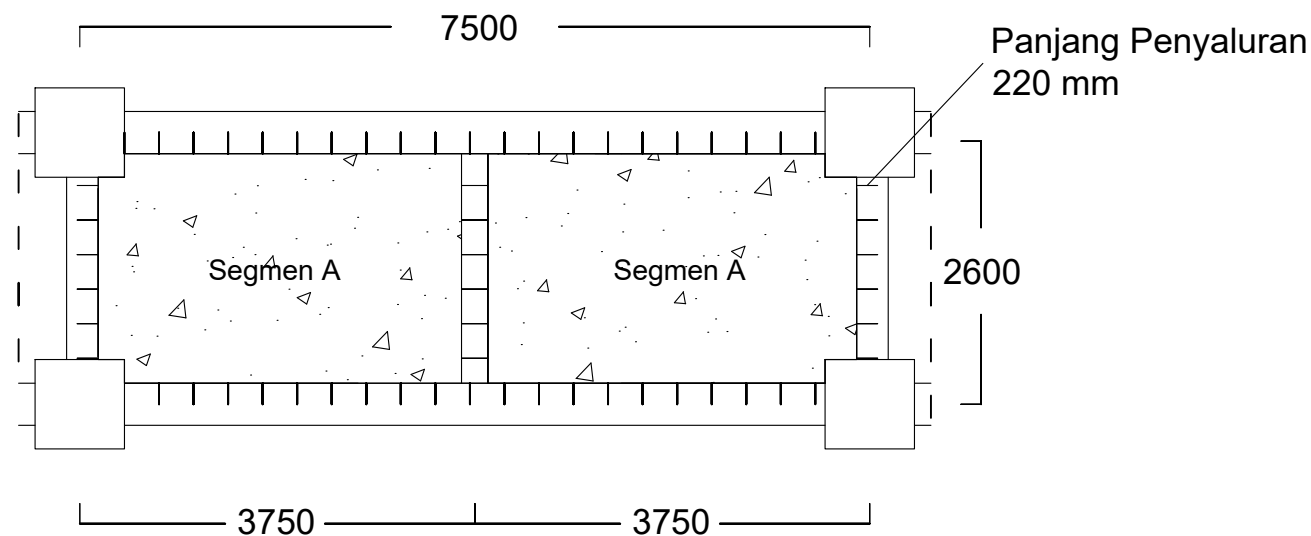
NRP

0311154000001

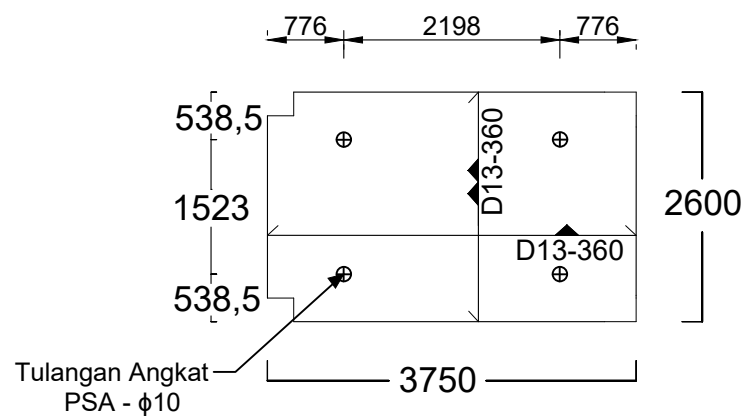
JUDUL GAMBAR

Detail Pelat Tipe 2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
21	1 : 80	STR



Detail Pelat Tipe 2  
Skala 1 : 80



Segmen A  
Skala 1 : 80





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

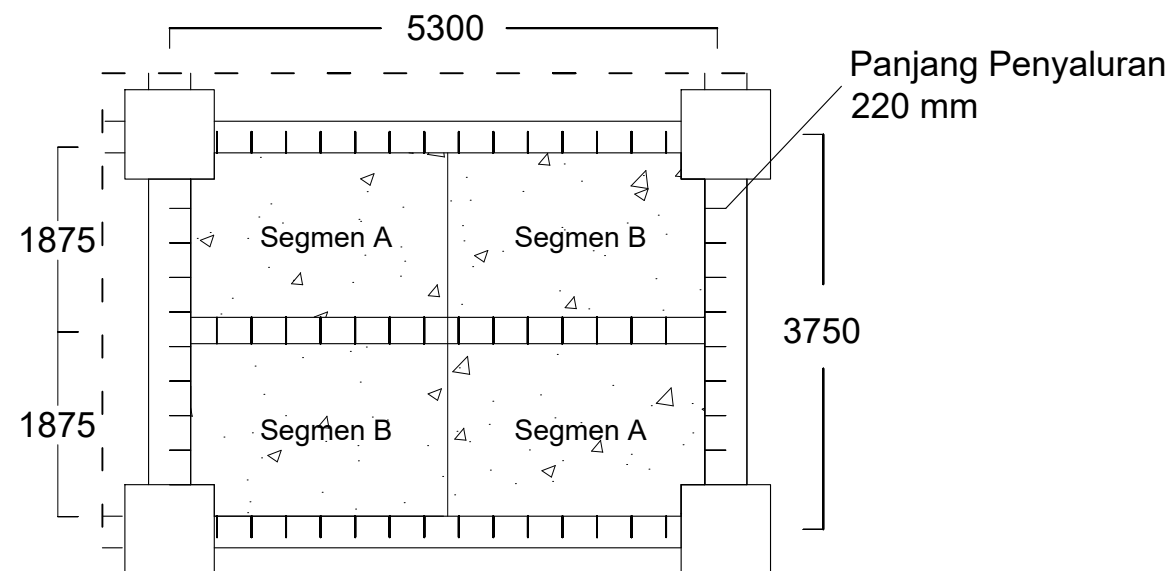
NRP

0311154000001

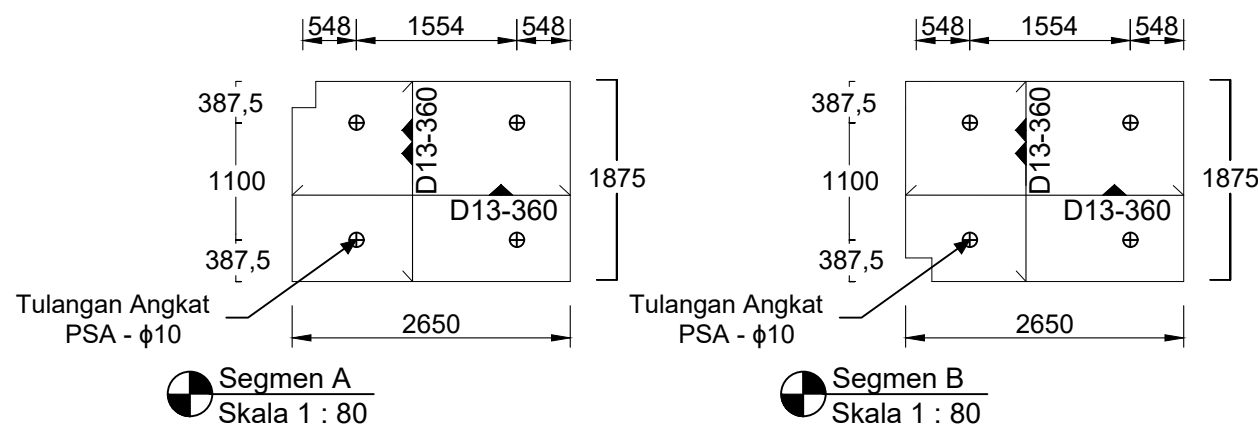
JUDUL GAMBAR

Detail Pelat Tipe 3

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
22	1 : 80	STR



Detail Pelat Tipe 3  
Skala 1 : 80





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

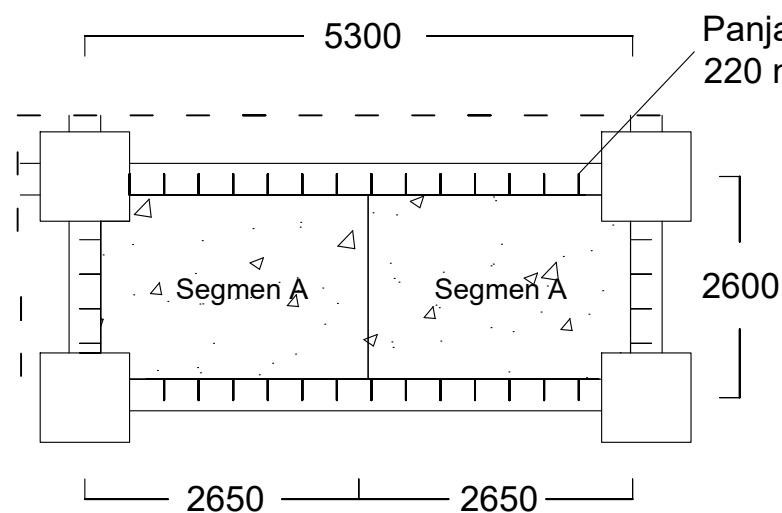
NRP

0311154000001

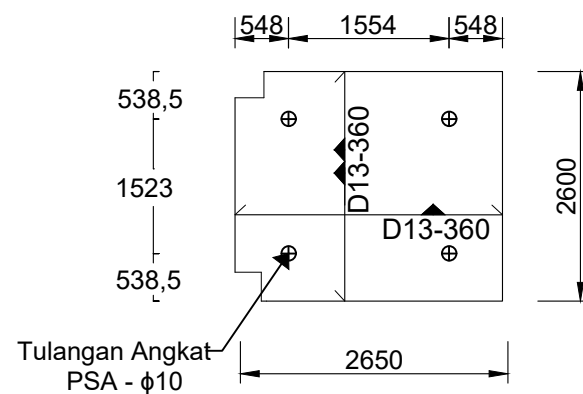
JUDUL GAMBAR

Detail Pelat Tipe 4 & Tipe 5

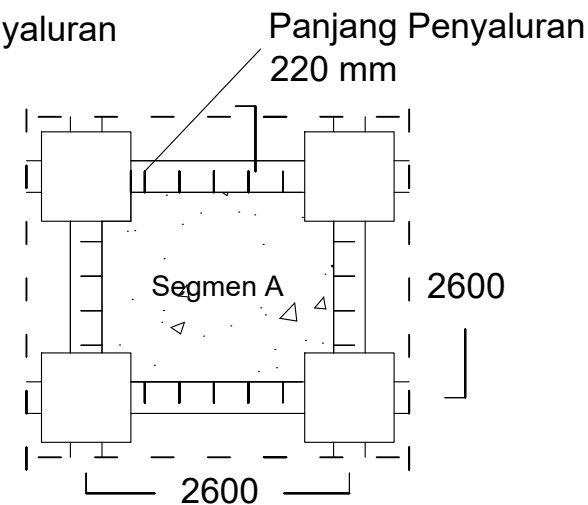
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
23	1 : 80	STR



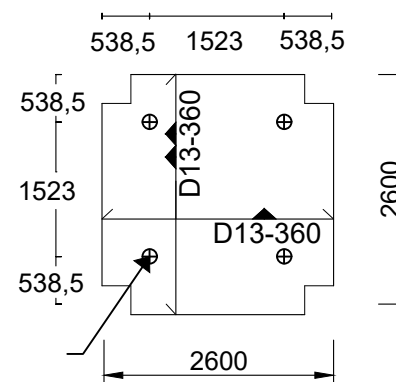
Detail Pelat Tipe 4  
Skala 1 : 80



Segmen A Tipe 4  
Skala 1 : 80



Detail Pelat Tipe 5  
Skala 1 : 80



Segmen A Tipe 5  
Skala 1 : 80



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

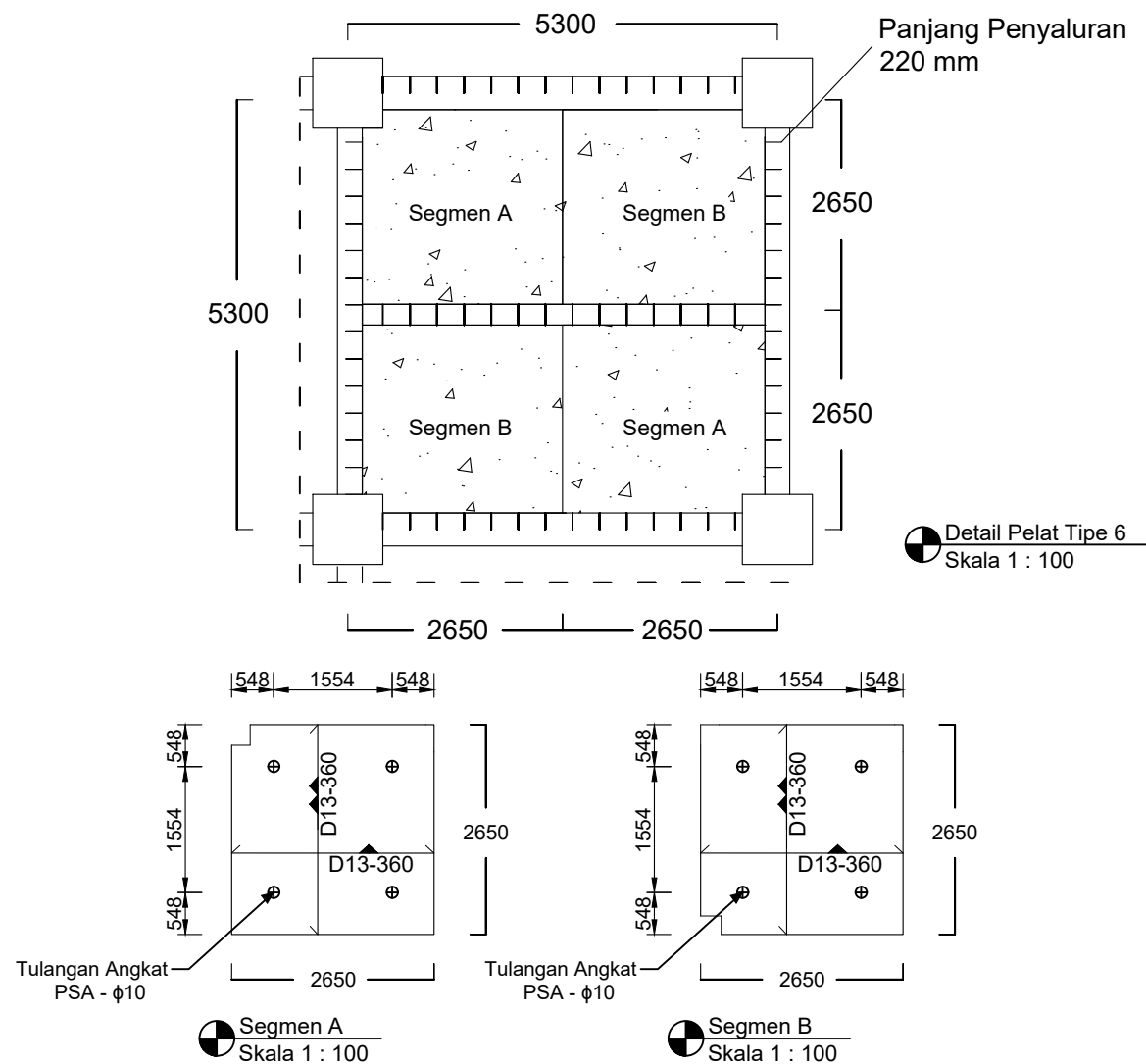
NRP

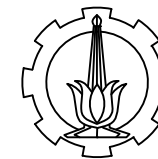
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat Tipe 6

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
24	1 : 100	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

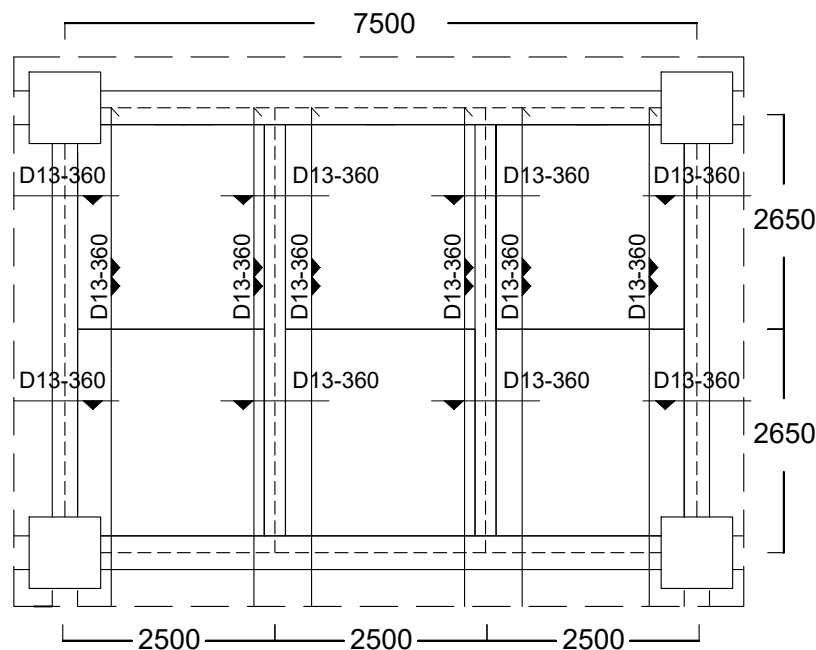
NRP

0311154000001

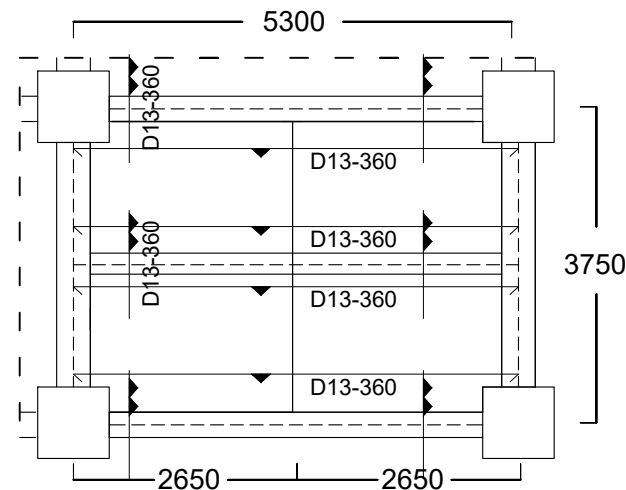
JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Pelat

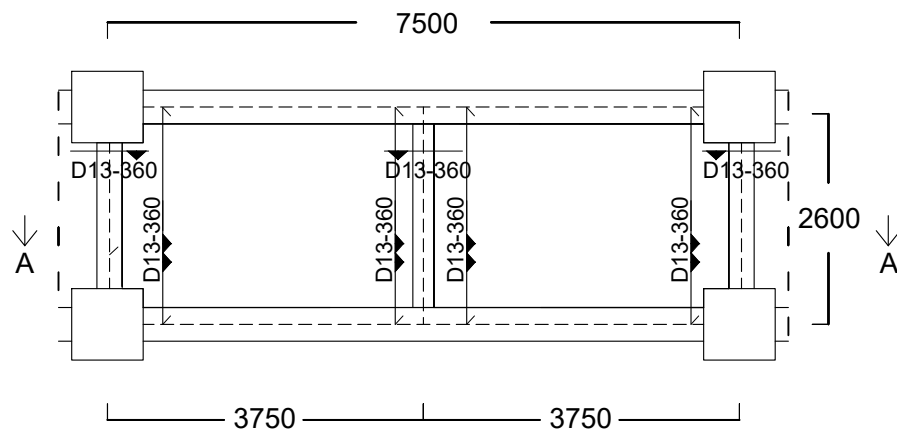
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
25	1 : 100	STR



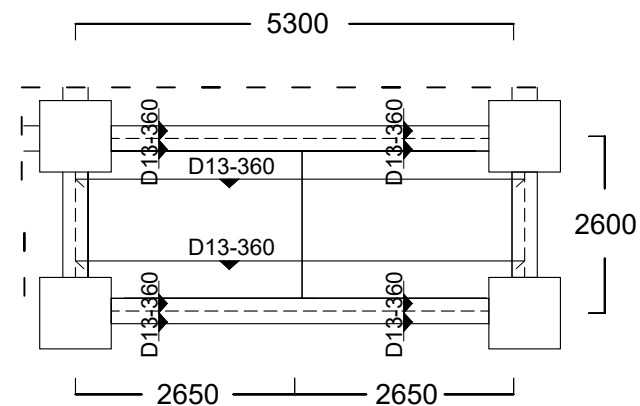
Detail Penulangan Pelat Tipe 1  
Skala 1 : 100



Detail Penulangan Pelat Tipe 3  
Skala 1 : 100



Detail Penulangan Pelat Tipe 2  
Skala 1 : 100



Detail Penulangan Pelat Tipe 4  
Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

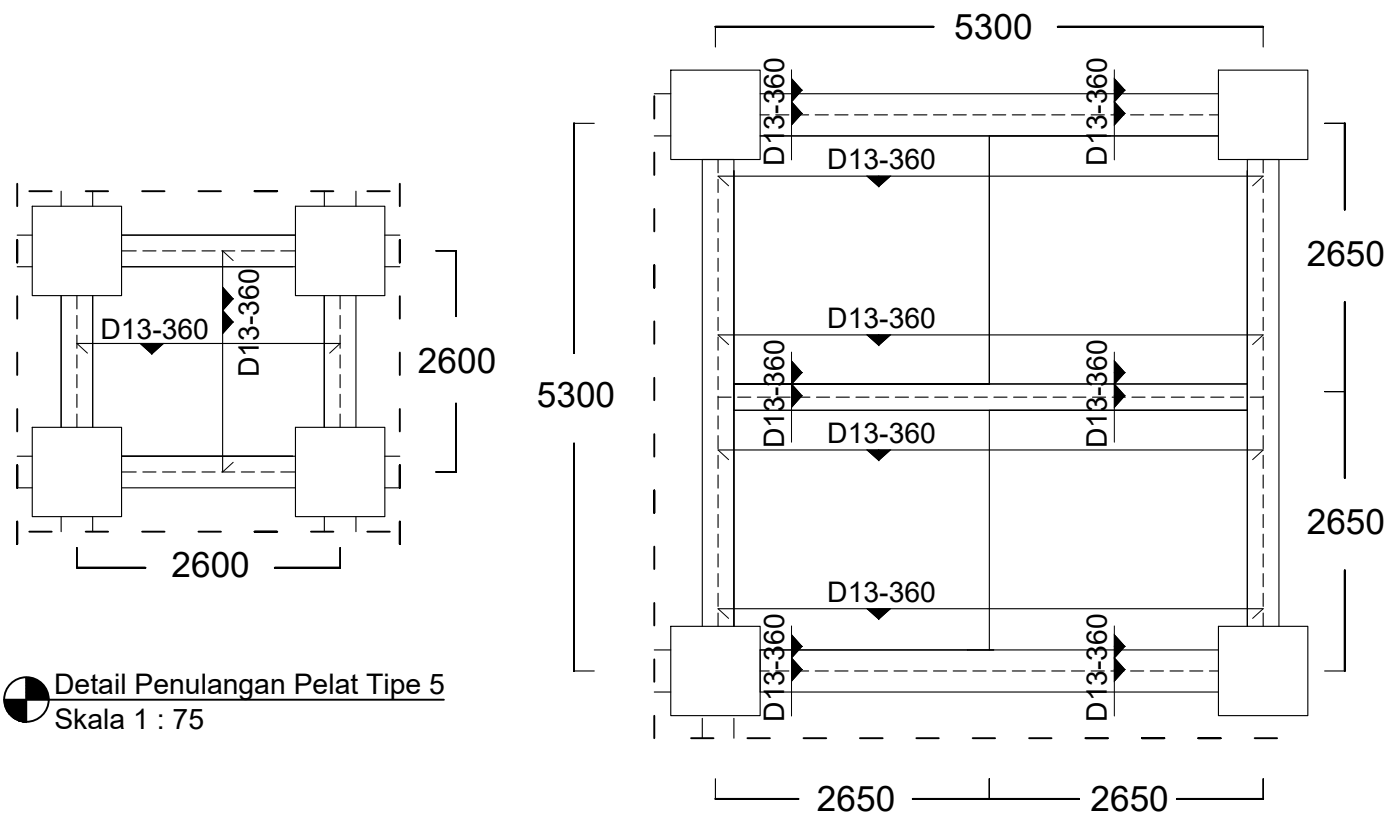
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

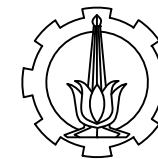
Detail Penulangan Pelat

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
26	1 : 75	STR



Detail Penulangan Pelat Tipe 5  
Skala 1 : 75

Detail Penulangan Pelat Tipe 6  
Skala 1 : 75



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

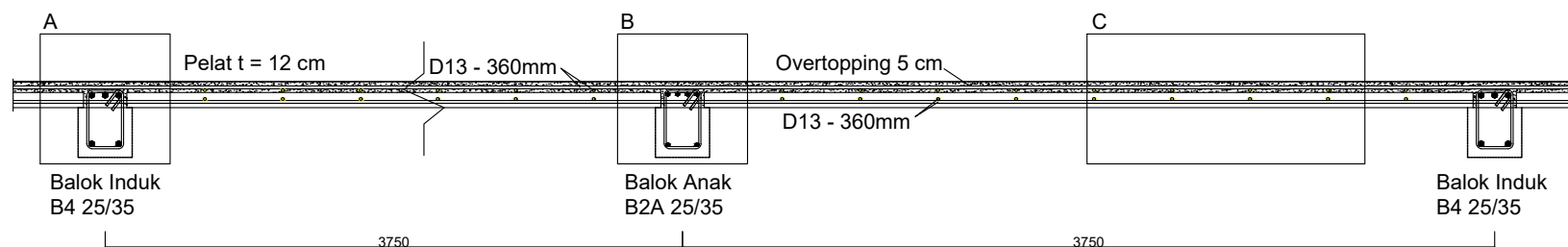
NRP


0311154000001

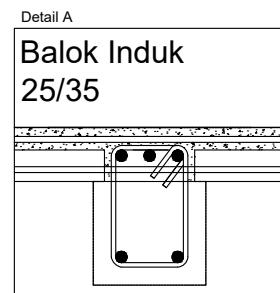
JUDUL GAMBAR


Detail Penulangan Pelat

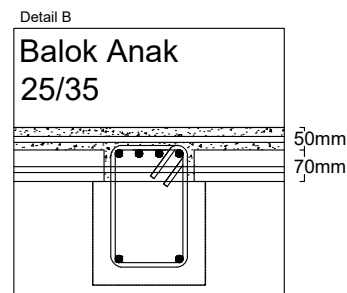
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
27	1 : 50	STR




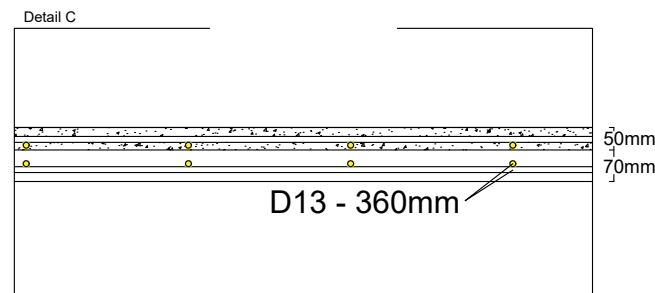
 Potongan A-A Pelat Tipe 4  
Skala 1 : 50




 Detail A  
Skala 1 : 150



 Detail B  
Skala 1 : 150



 Detail C  
Skala 1 : 150



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

0311154000001

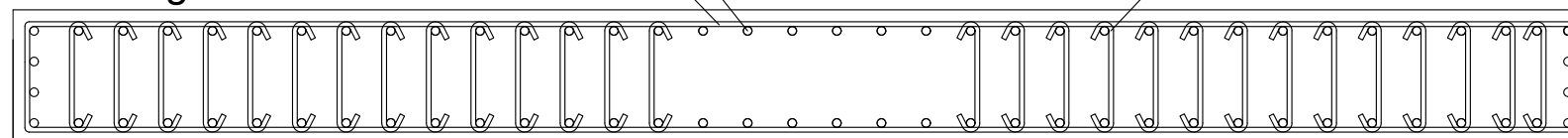
JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
28	1 : 25	STR

Tulangan Vertikal D29-150mm  
Tulangan Horizontal D29-150mm

D16-150mm



2150

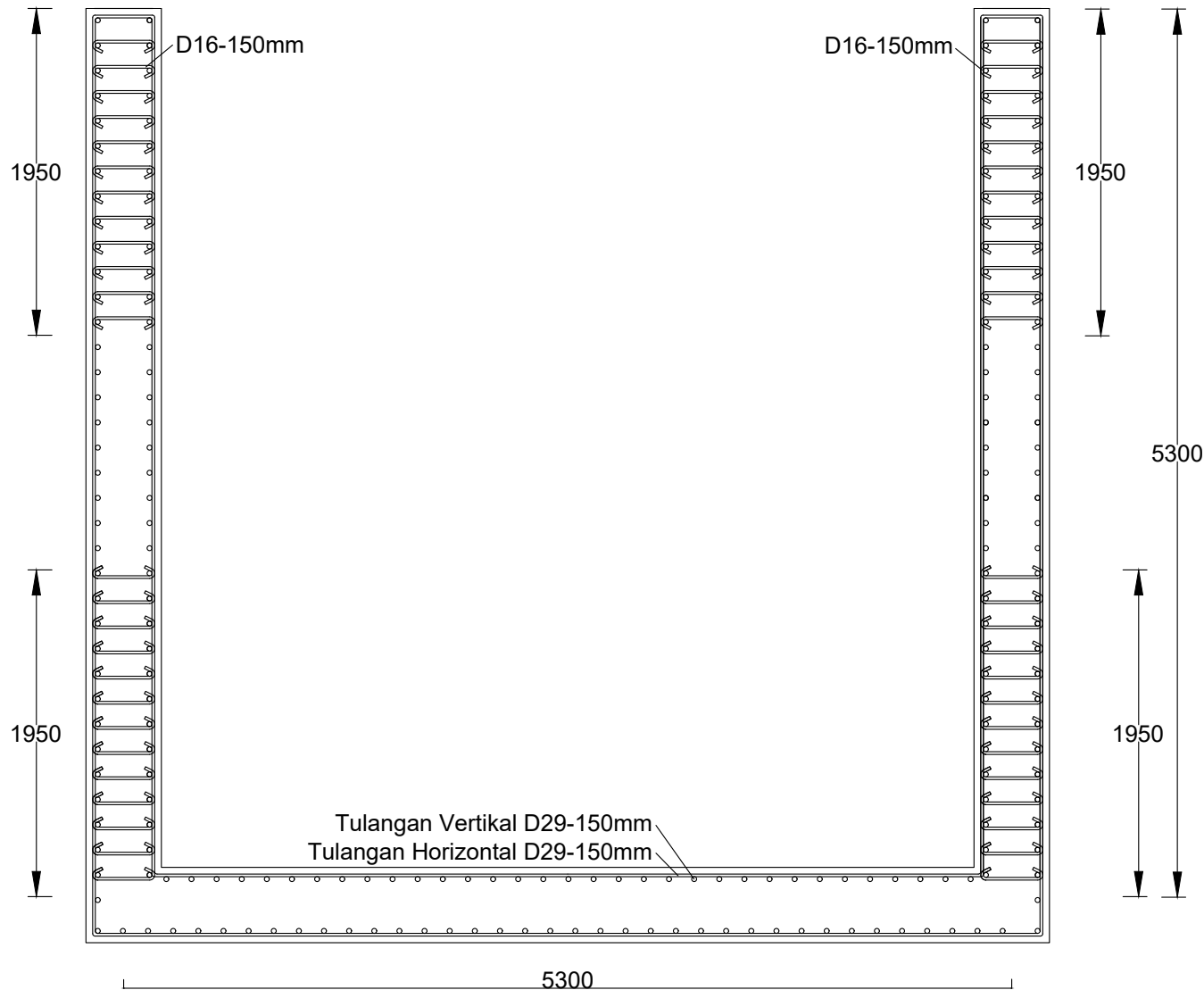
2150

5300



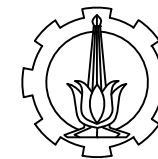
Detail Penulangan Shearwall 1

Skala 1 : 25



Detail Penulangan Shearwall 2

Skala 1 : 40



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
29	1 : 40	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

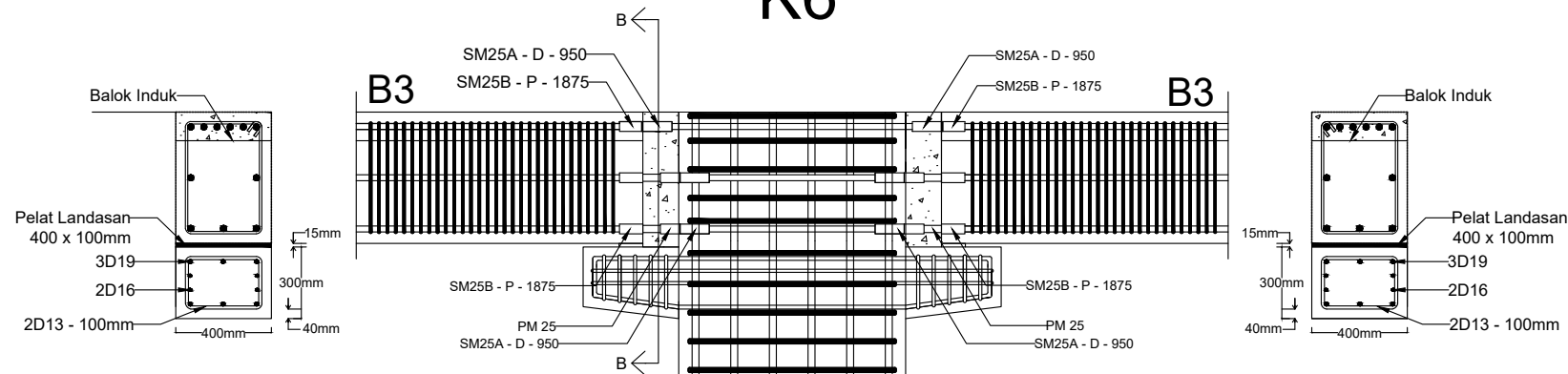
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan Balok Kolom

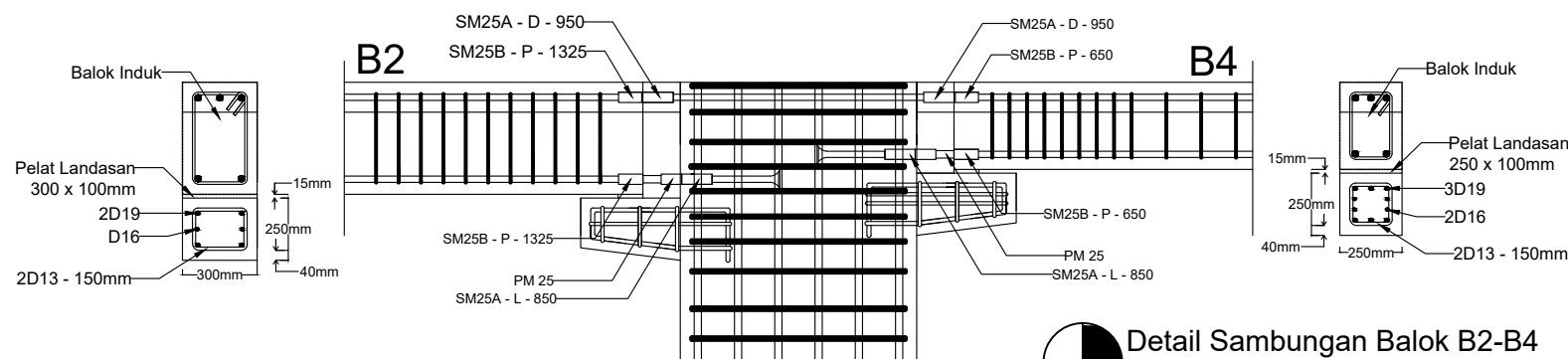
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
30	1 : 30	STR

K6



Detail Sambungan Balok B3-B3  
Skala 1 : 30

K6



Detail Sambungan Balok B2-B4  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

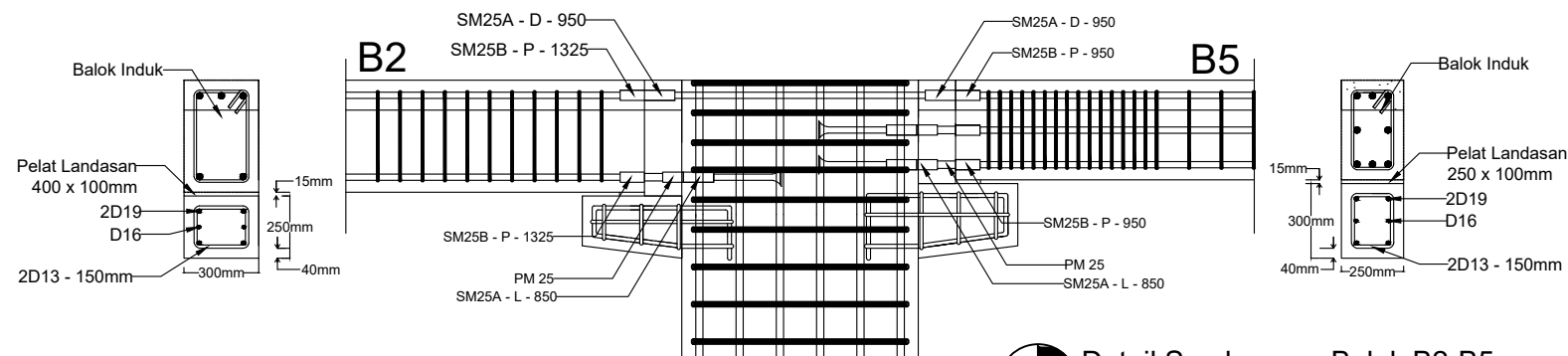
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan Balok Kolom

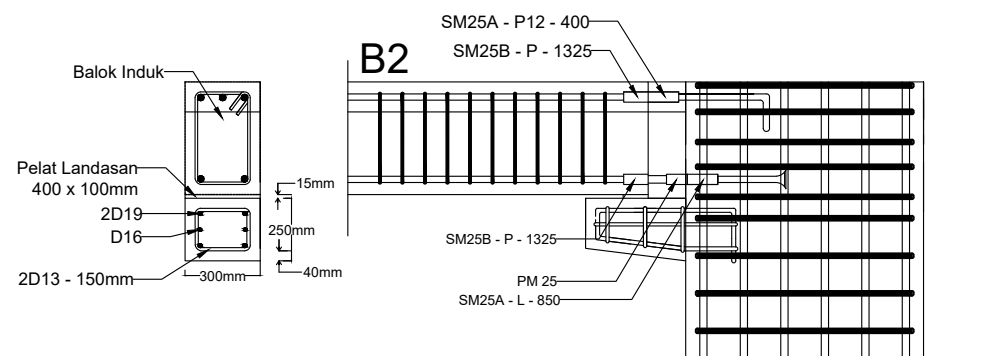
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
31	1 : 30	STR

K6



Detail Sambungan Balok B2-B5  
Skala 1 : 30

K6



Detail Sambungan Balok B2  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

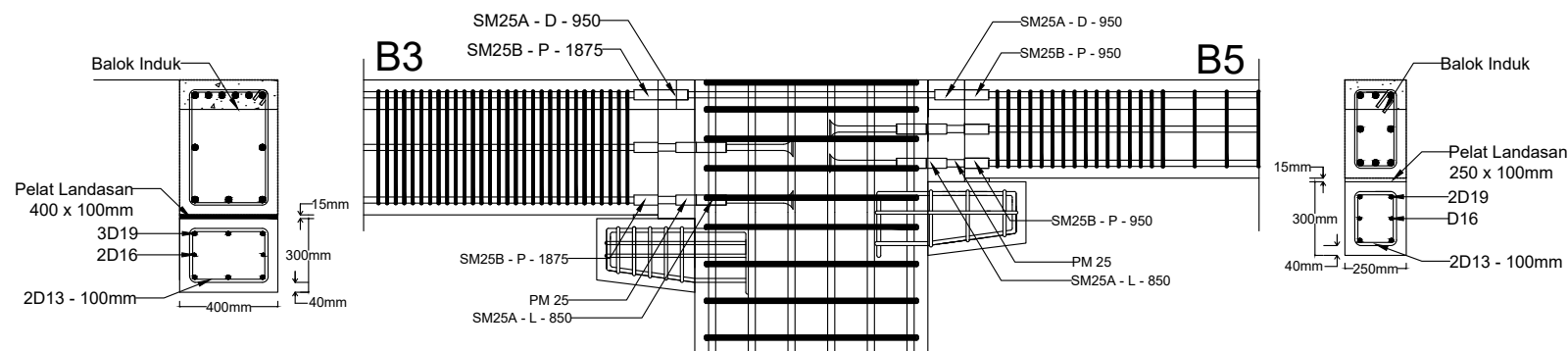
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan Balok Kolom

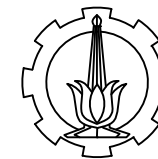
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
32	1 : 30	STR

# K6



Detail Sambungan Balok B3-B5

Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

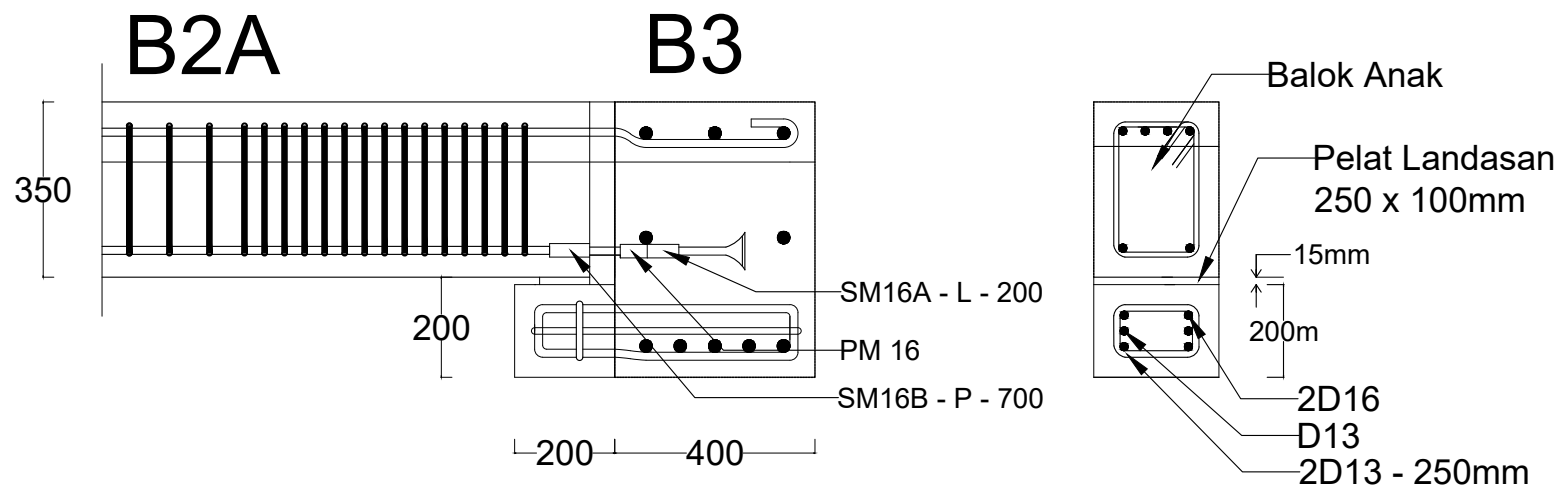
NRP


0311154000001

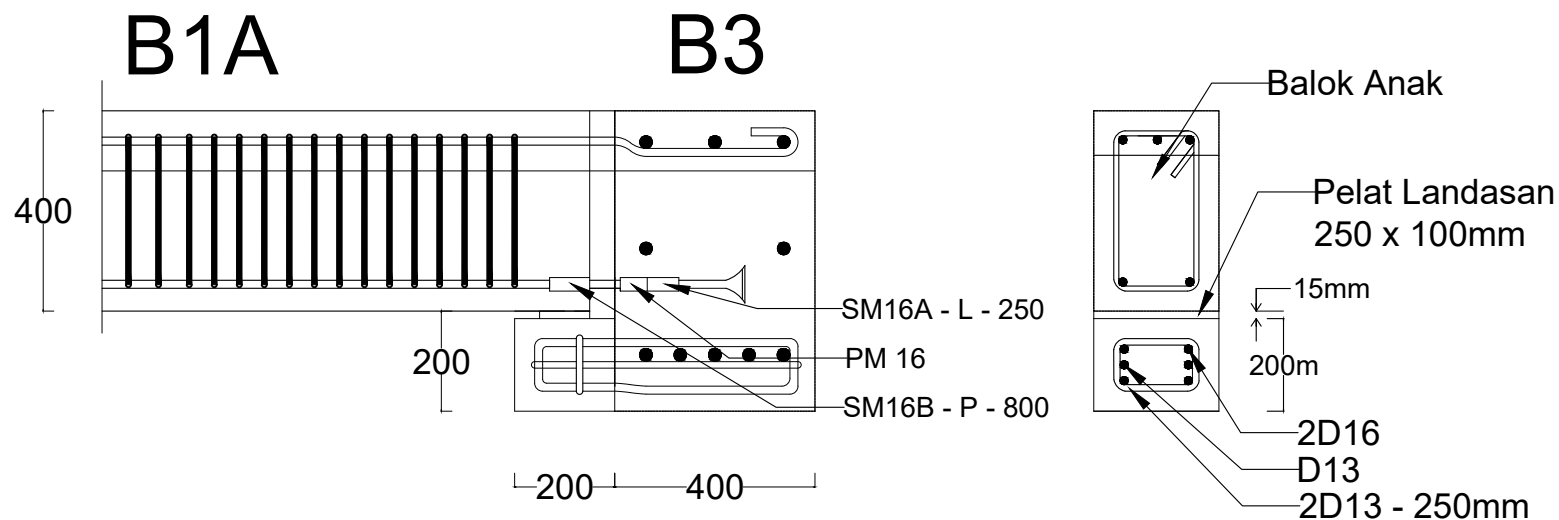
JUDUL GAMBAR


Detail Sambungan  
Balok Induk -Balok Anak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
33	1 : 15	STR



 Detail Sambungan Balok B2A - B3  
Skala 1 : 15



 Detail Sambungan Balok B1A - B3  
Skala 1 : 15





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

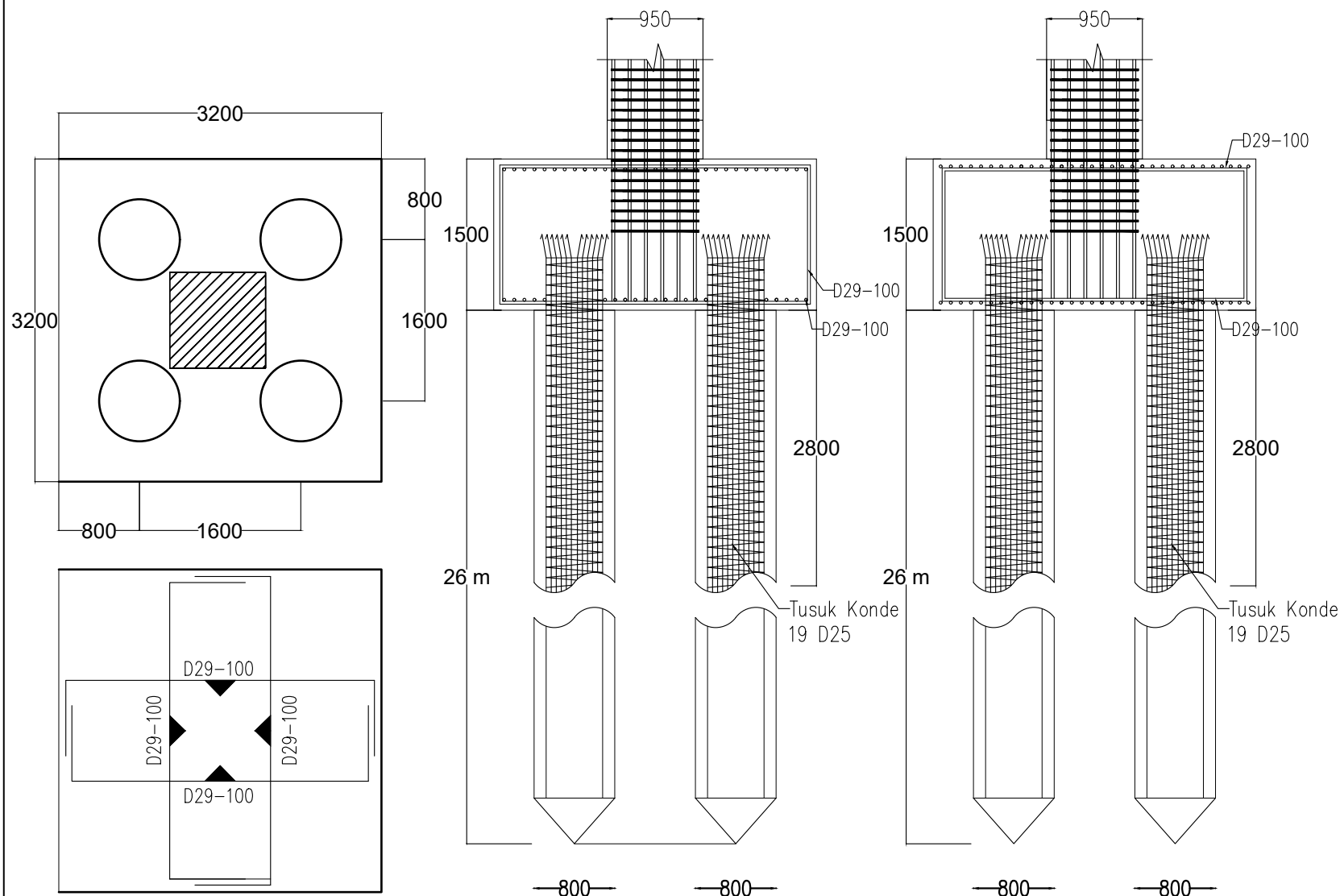
NRP


0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Pilecap

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
35	1 : 60	STR



 Detail Penulangan Pilecap Tipe 1  
Skala 1 : 60



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

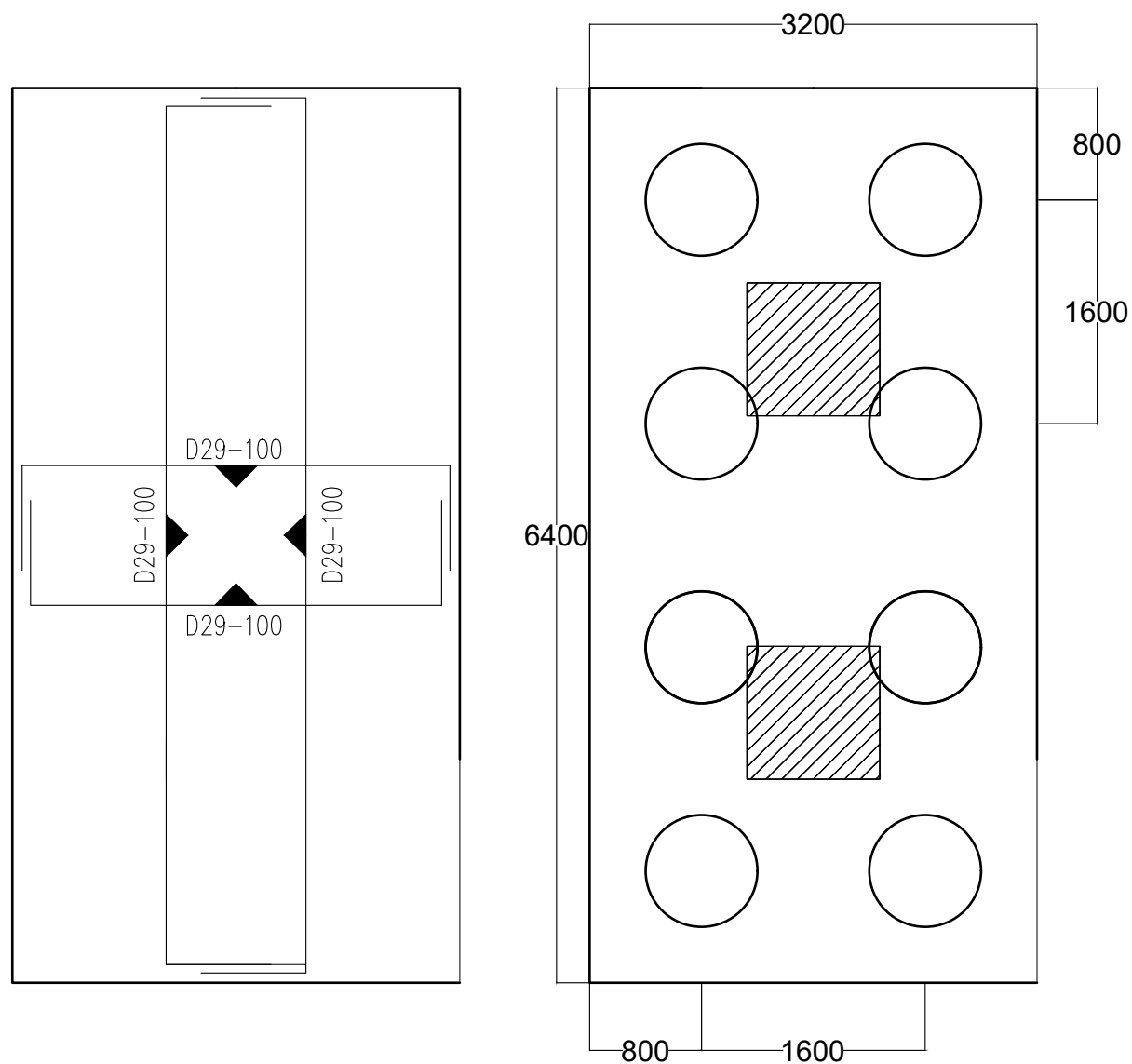
NRP


0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Pilecap

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
36	1 : 50	STR



 Detail Penulangan Pilecap Tipe 2  
Skala 1 : 50



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

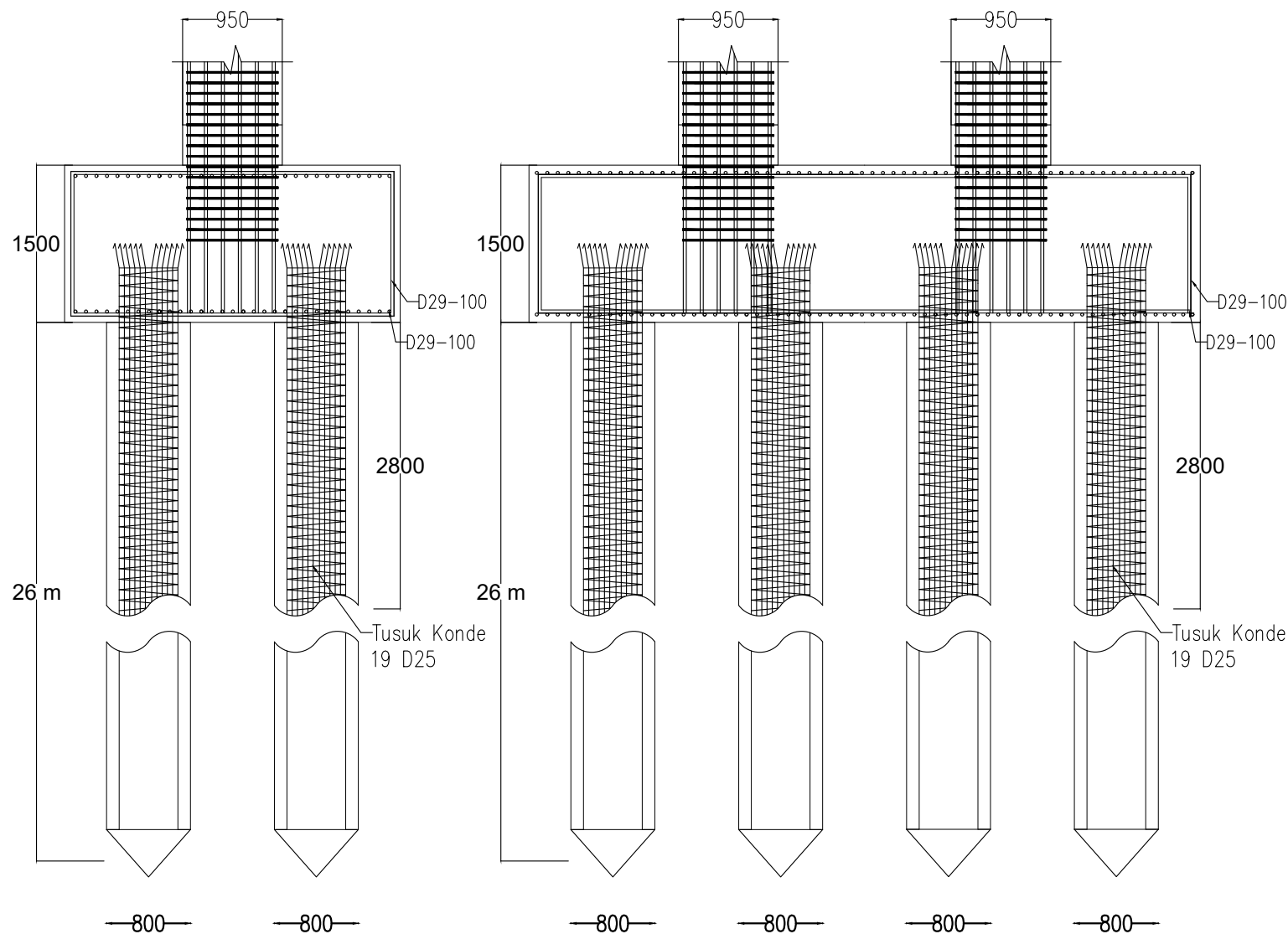
NRP


0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Pilecap

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
37	1 : 60	STR



 Detail Penulangan Pilecap Tipe 2  
Skala 1 : 60





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

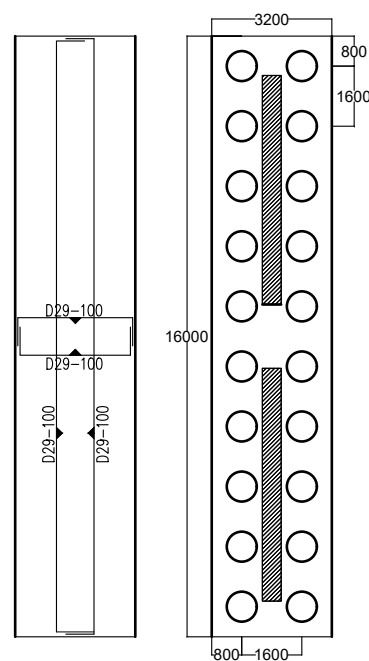
NRP


0311154000001

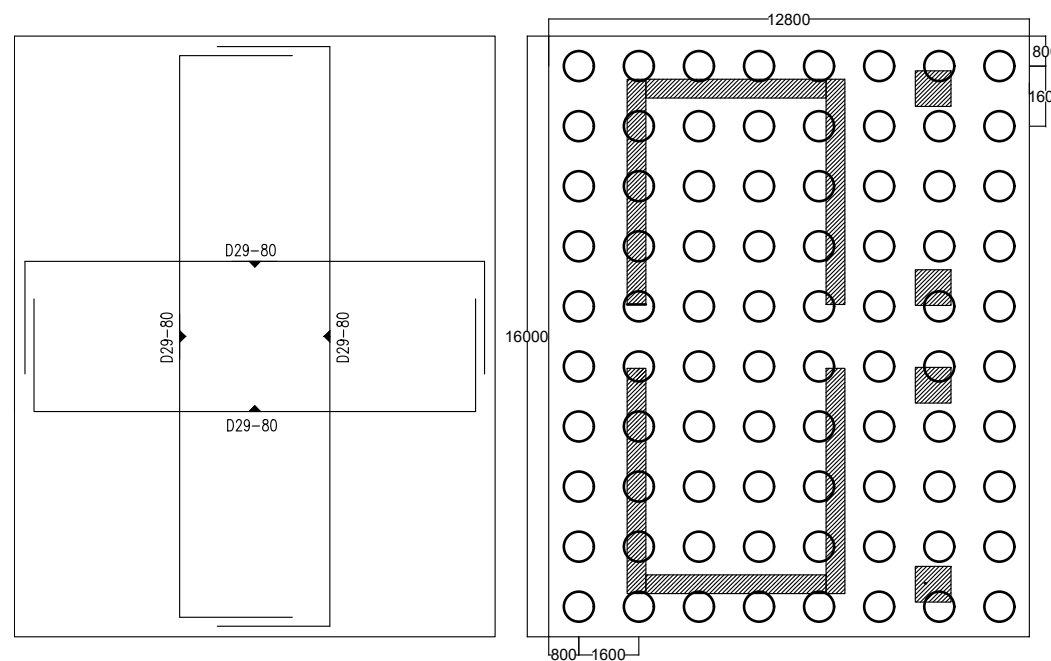
JUDUL GAMBAR


Detail Penulangan Pilecap

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
38	1 : 200	STR



 Pilecap Tipe 3  
Skala 1 : 200



 Pilecap Tipe 4  
Skala 1 : 200



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

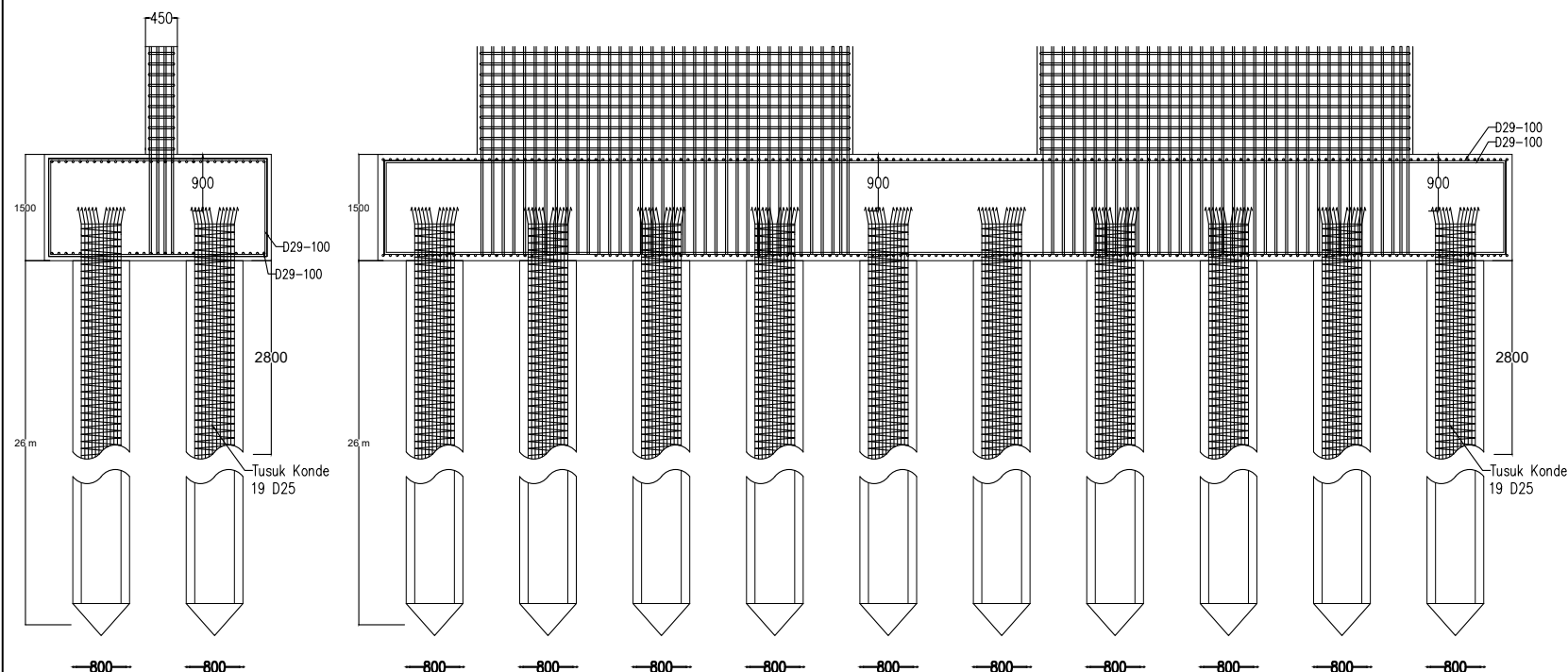
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Pilecap

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
39	1 : 100	STR



Detail Penulangan Pilecap Tipe 3

Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

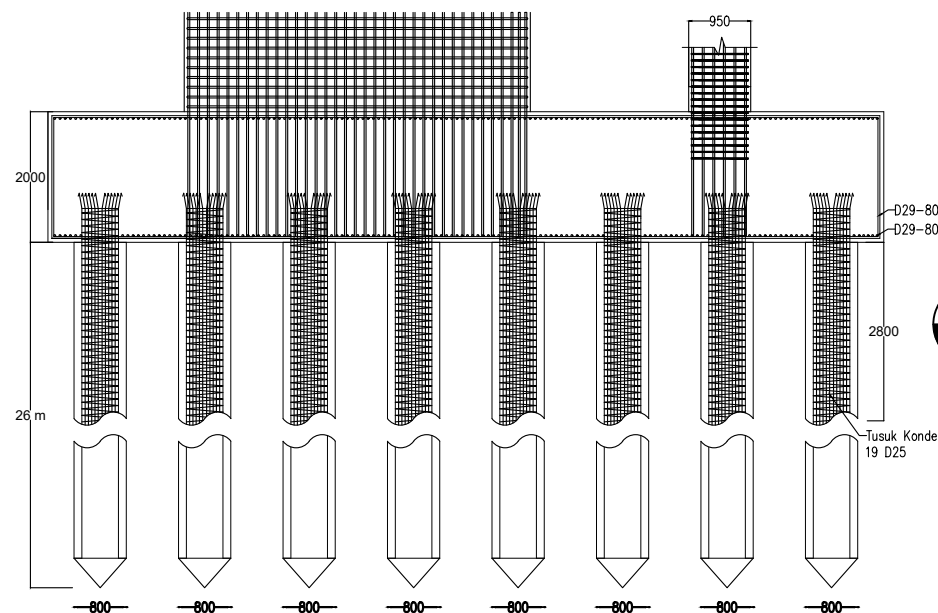
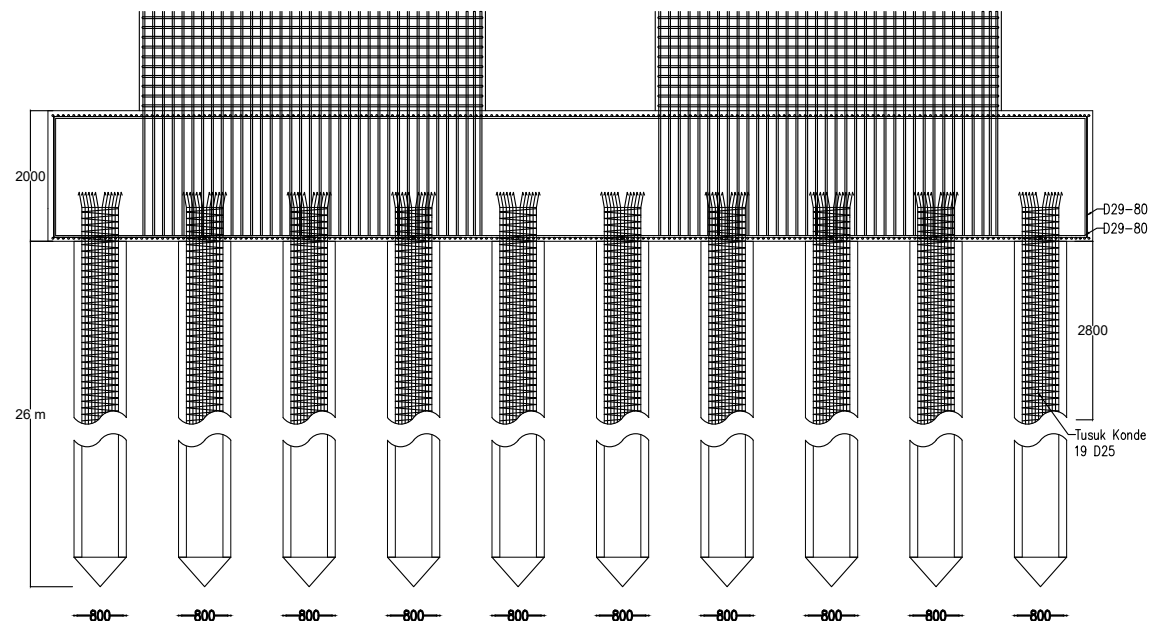
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Pilecap

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
40	1 : 115	STR



Detail Penulangan Pilecap Tipe 4  
Skala 1 : 115



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

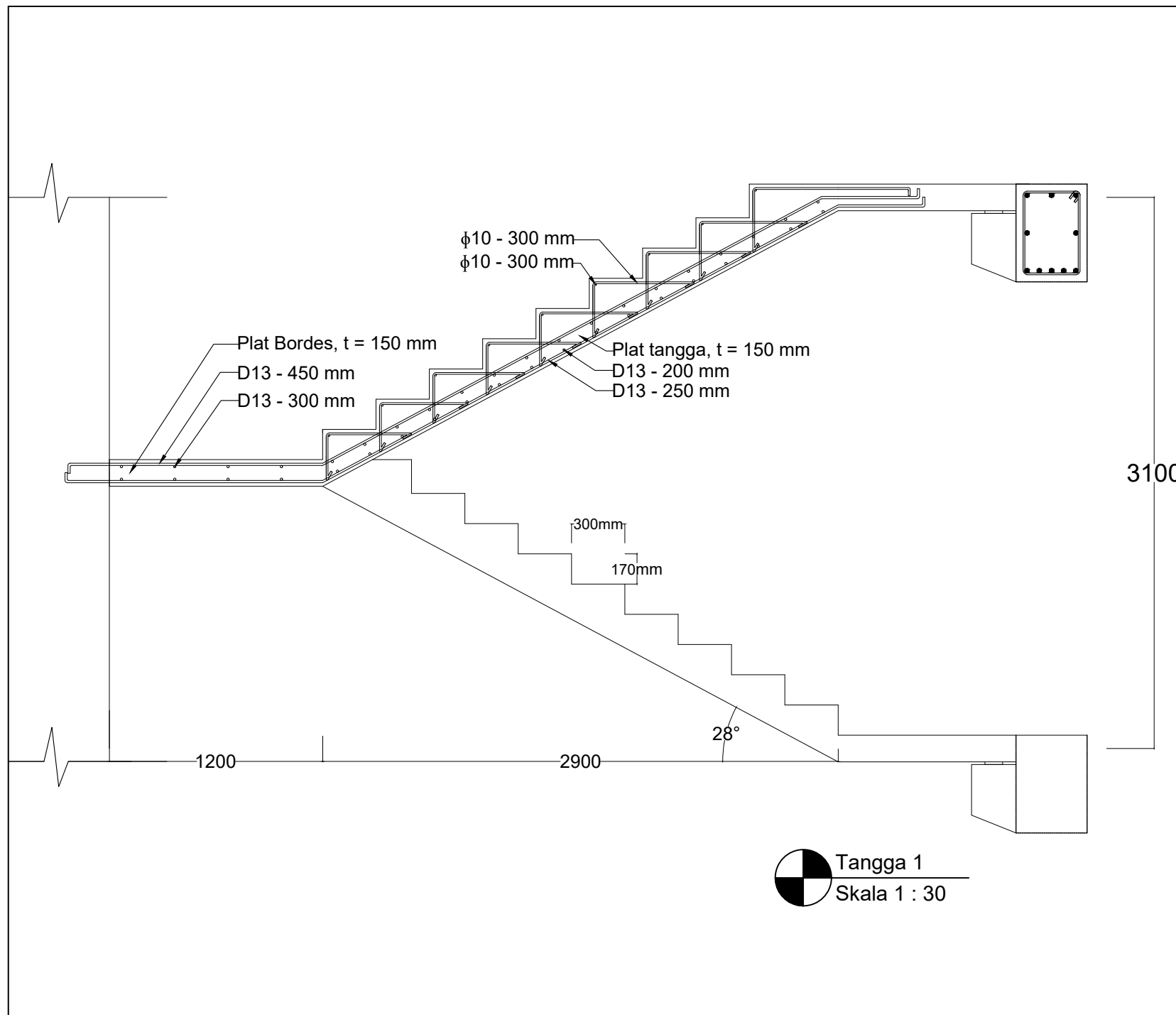
NRP

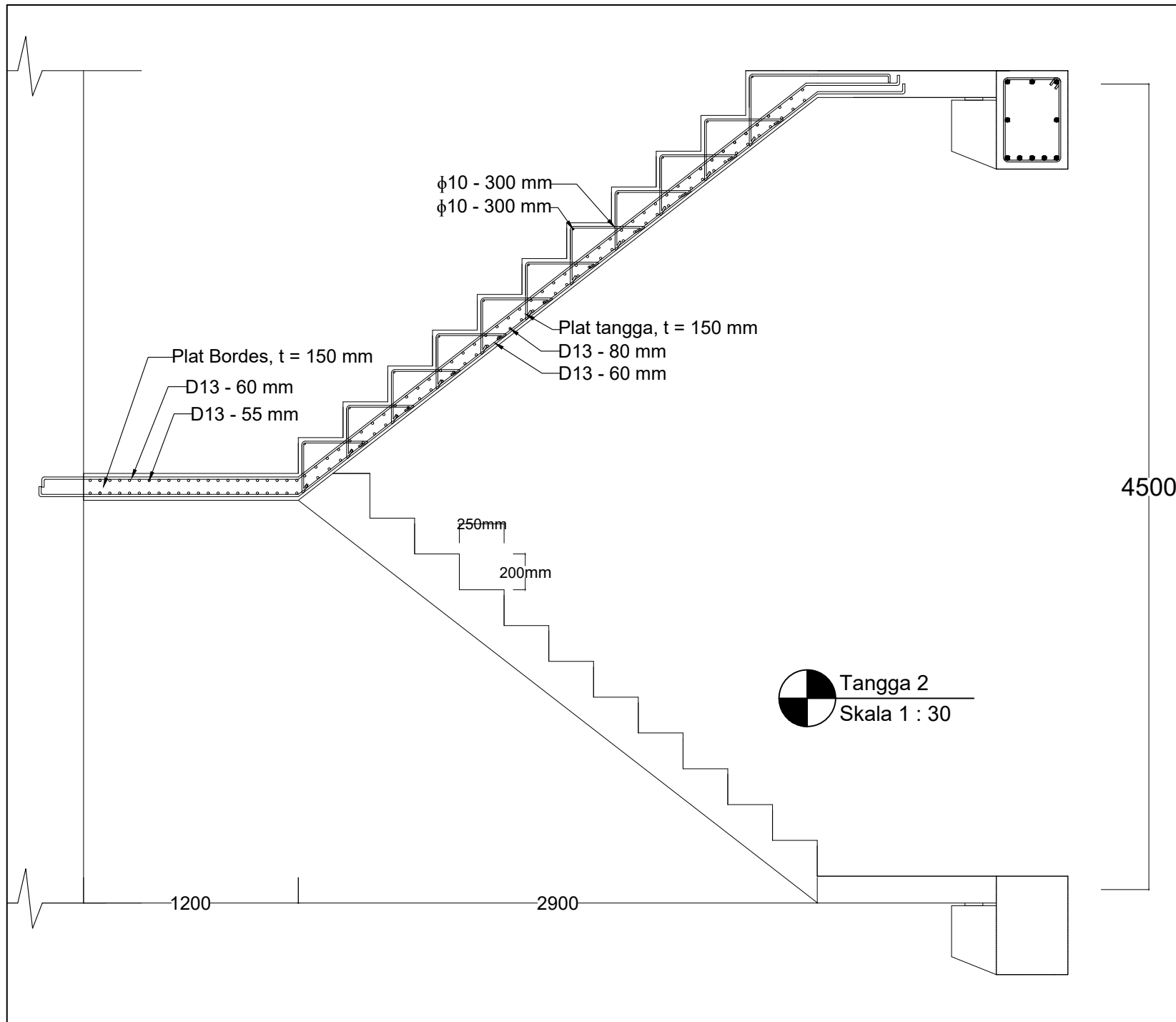
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Tangga 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
41	1 : 30	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
 Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
 APARTEMEN THE CONEXIO  
 LRT SUPERBLOCK DENGAN  
 MENGGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
 PADMADIWIRJA

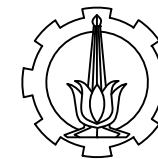
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Tangga 2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
42	1 : 30	STR



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

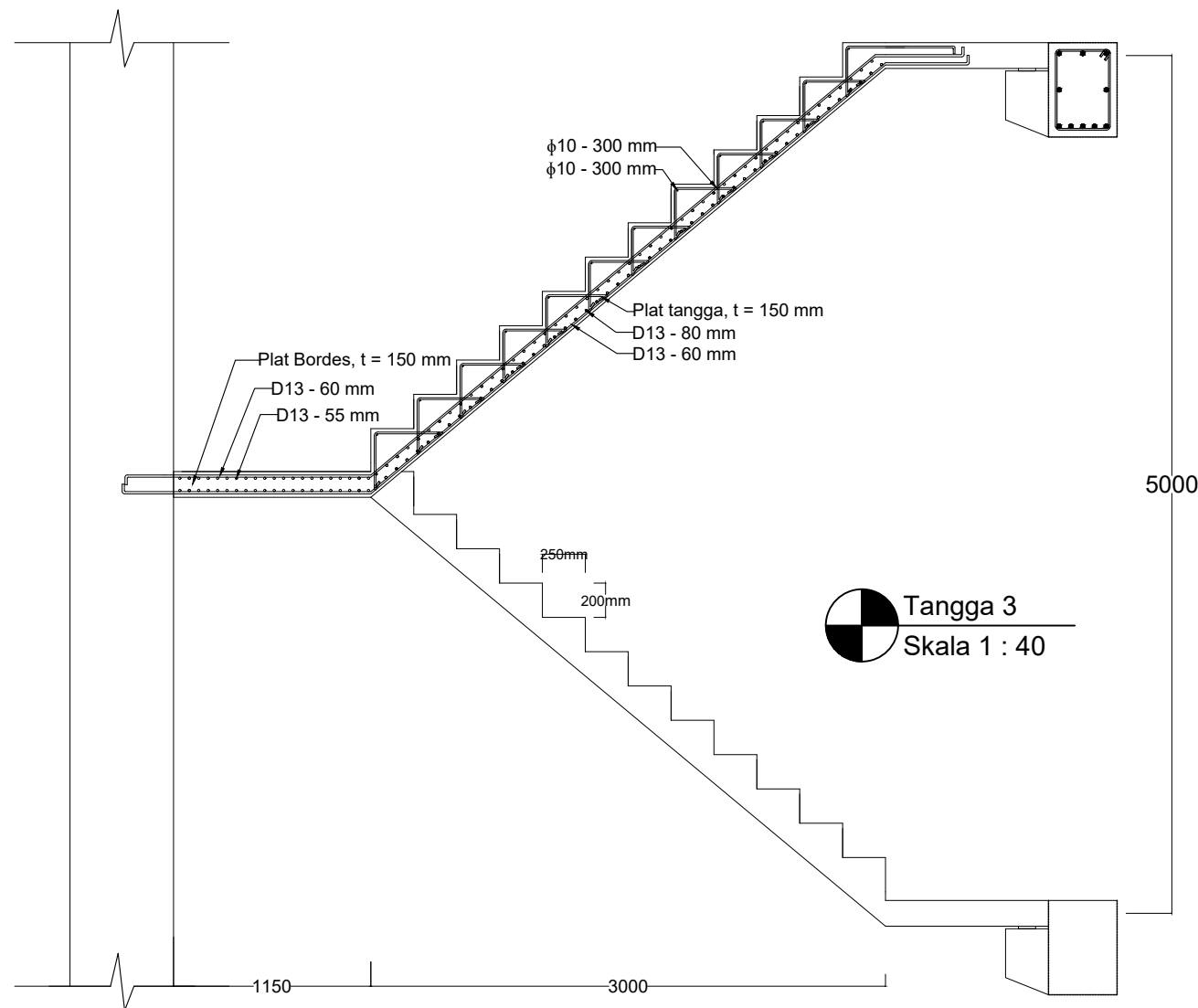
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Tangga 3

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
43	1 : 40	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP


0311154000001

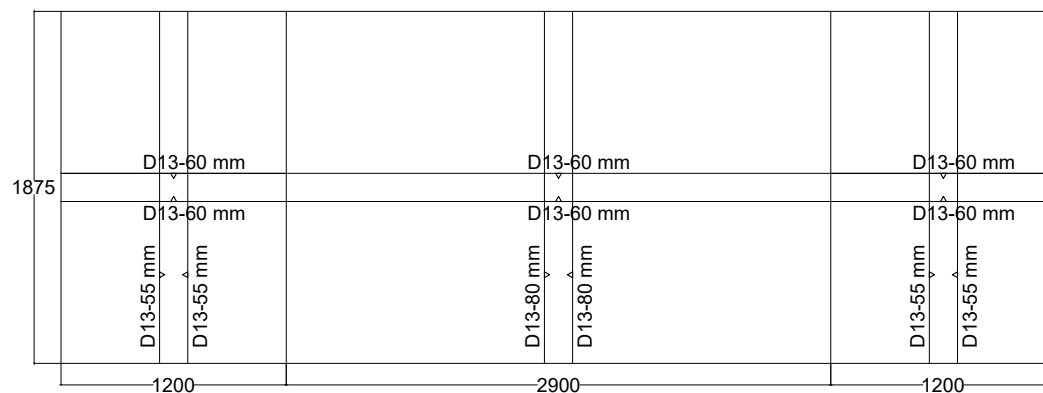
JUDUL GAMBAR


Detail Penulangan Tangga

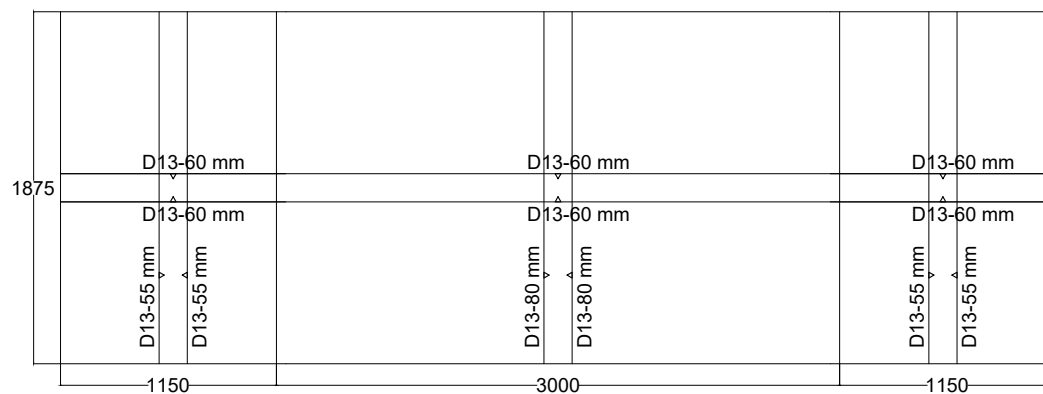
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
44	1 : 40	STR




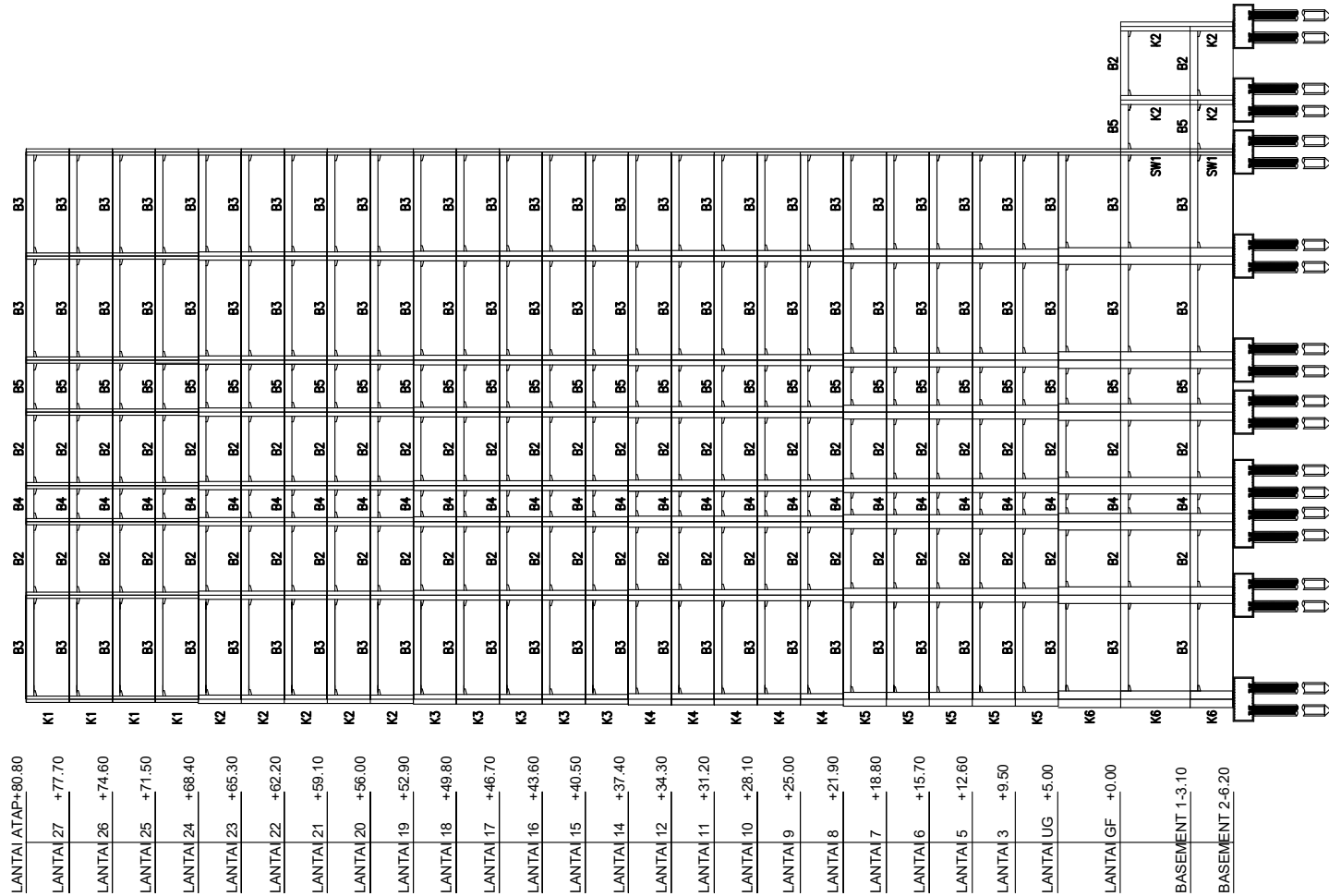
 Detail Penulangan Tangga 1  
Skala 1 : 40



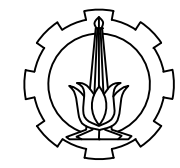
 Detail Penulangan Tangga 2  
Skala 1 : 40



 Detail Penulangan Tangga 3  
Skala 1 : 40



Potongan Portal  
Skala 1 : 500



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

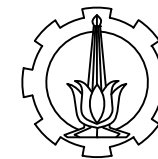
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Potongan Portal

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
45	1 : 500	STR





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

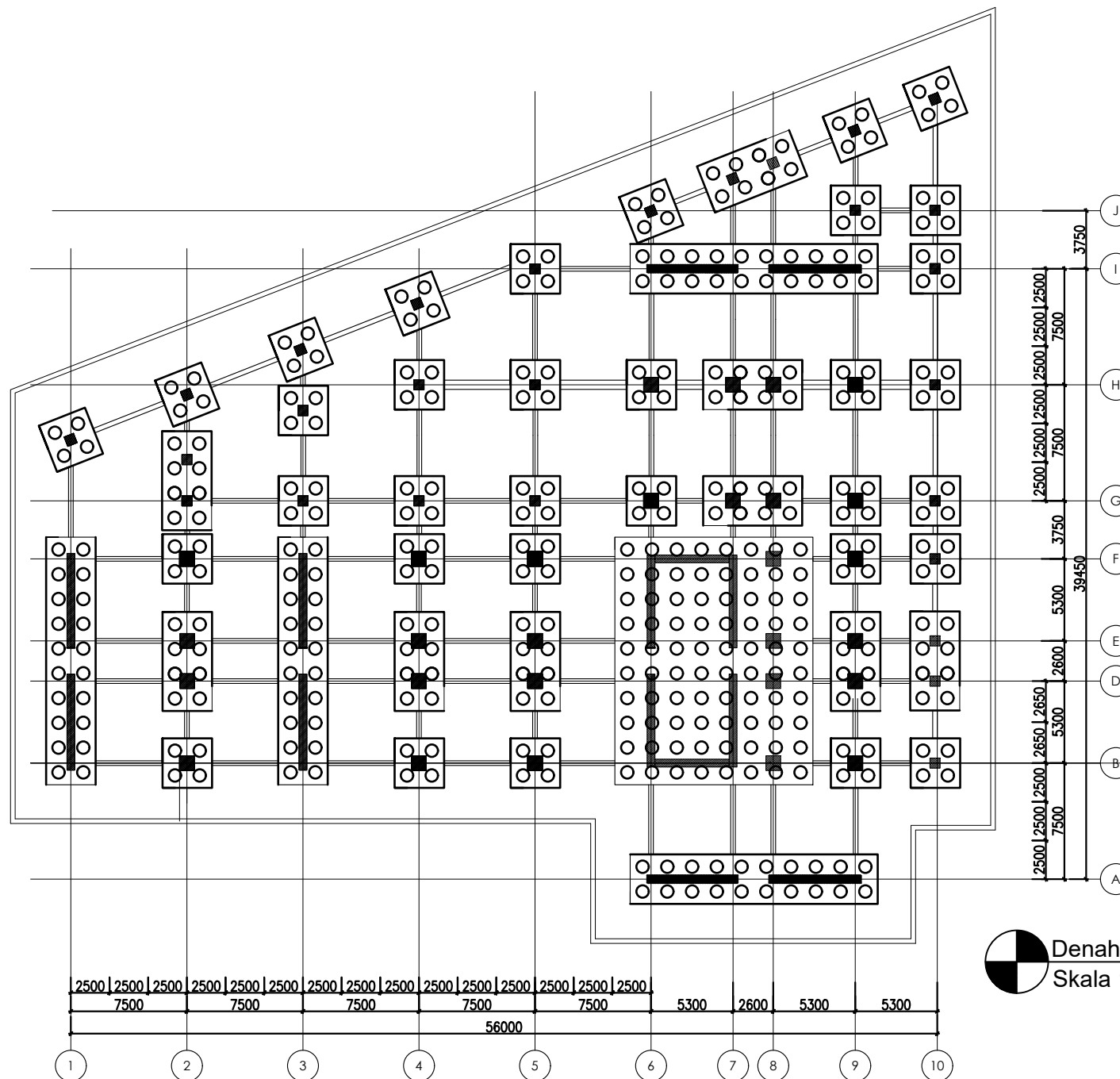
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi  
Dinding Penahan Tanah

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
46	1 : 385	STR

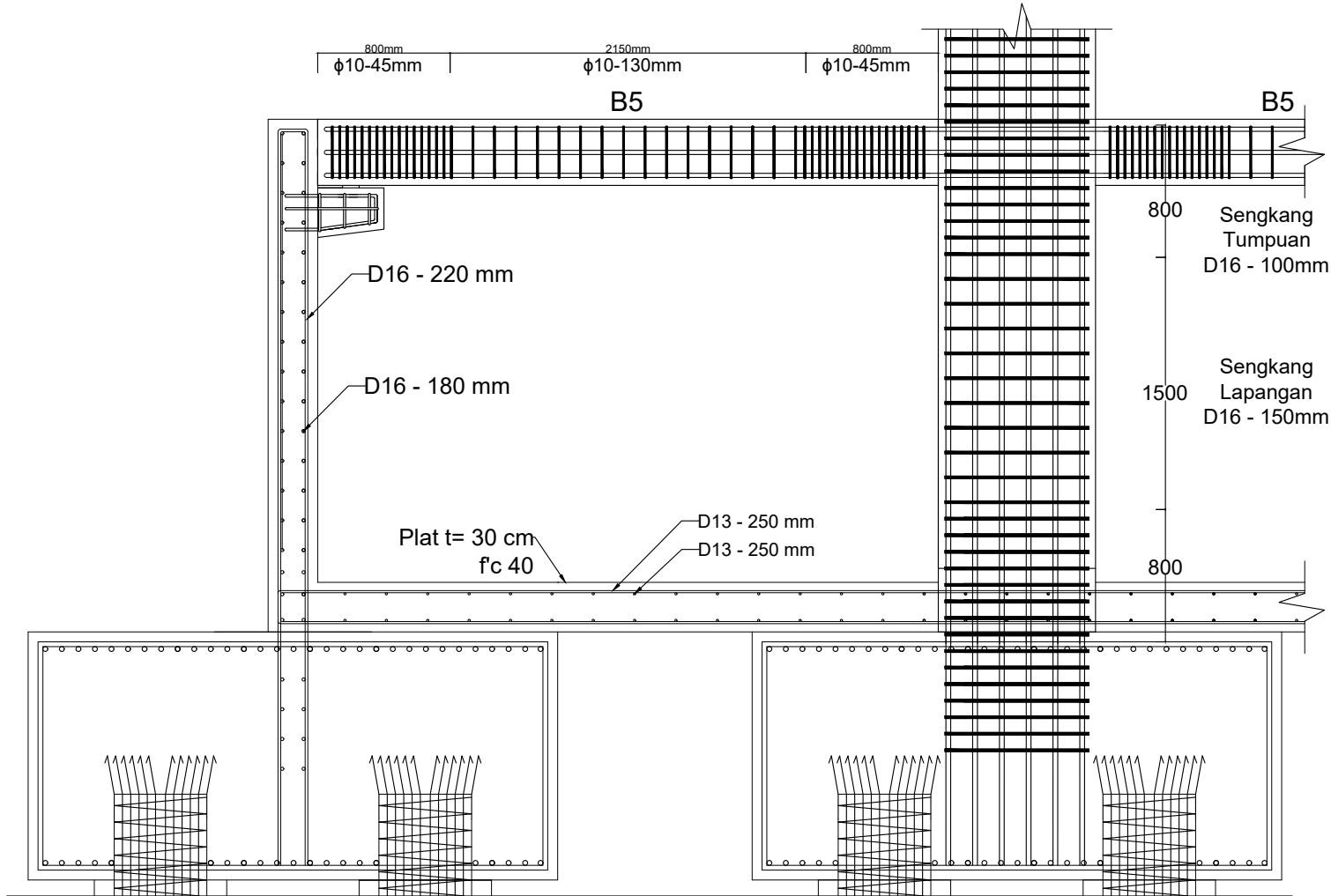
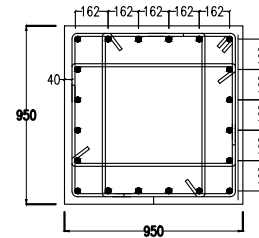


Denah DPT  
Skala 1 : 385



# Detail Penulangan DPT & Pelat Basement

Skala 1 : 40



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan DPT &  
Pelat Basement

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
47	1 : 40	STR



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

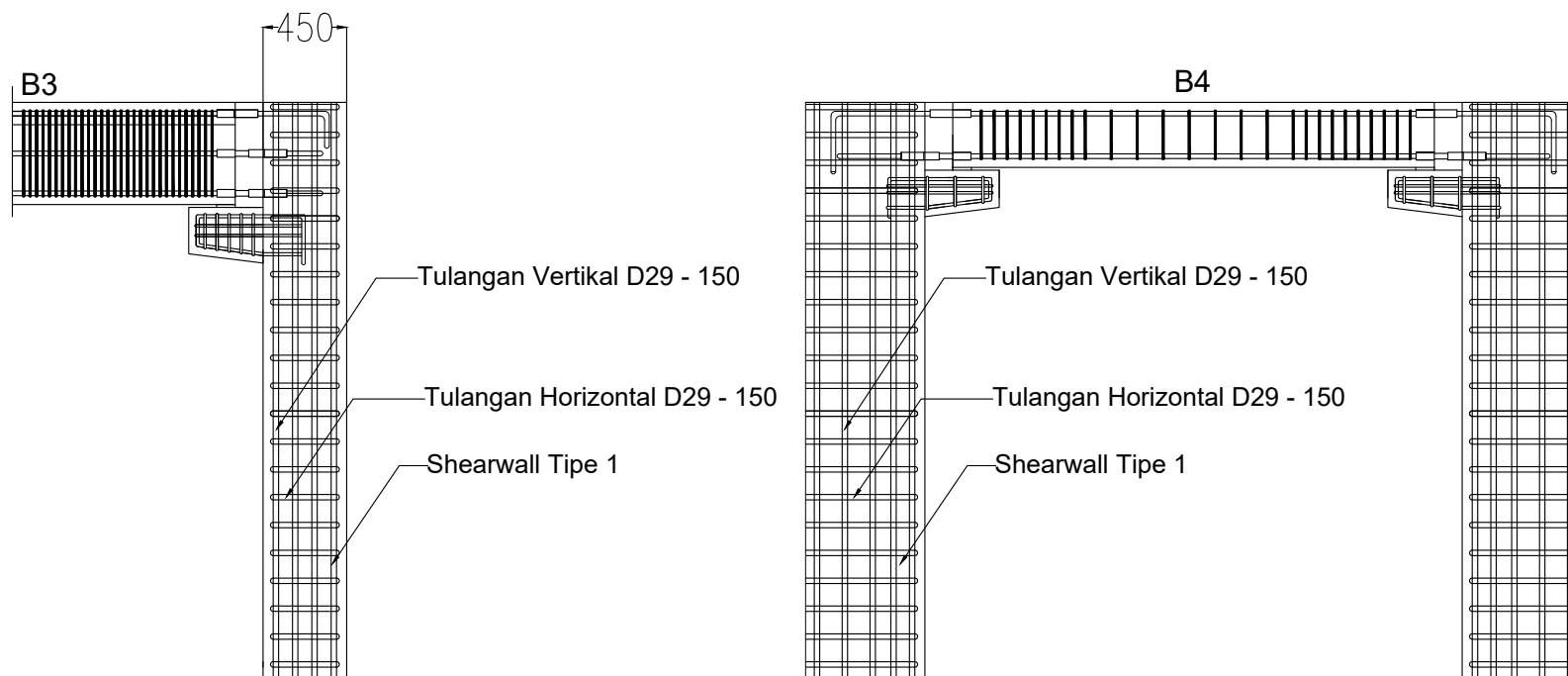
NRP


0311154000001

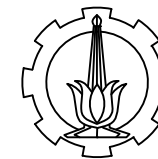
JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
48	1 : 40	STR



 Detail Sambungan Shearwall 1  
Skala 1 : 40



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

NRP

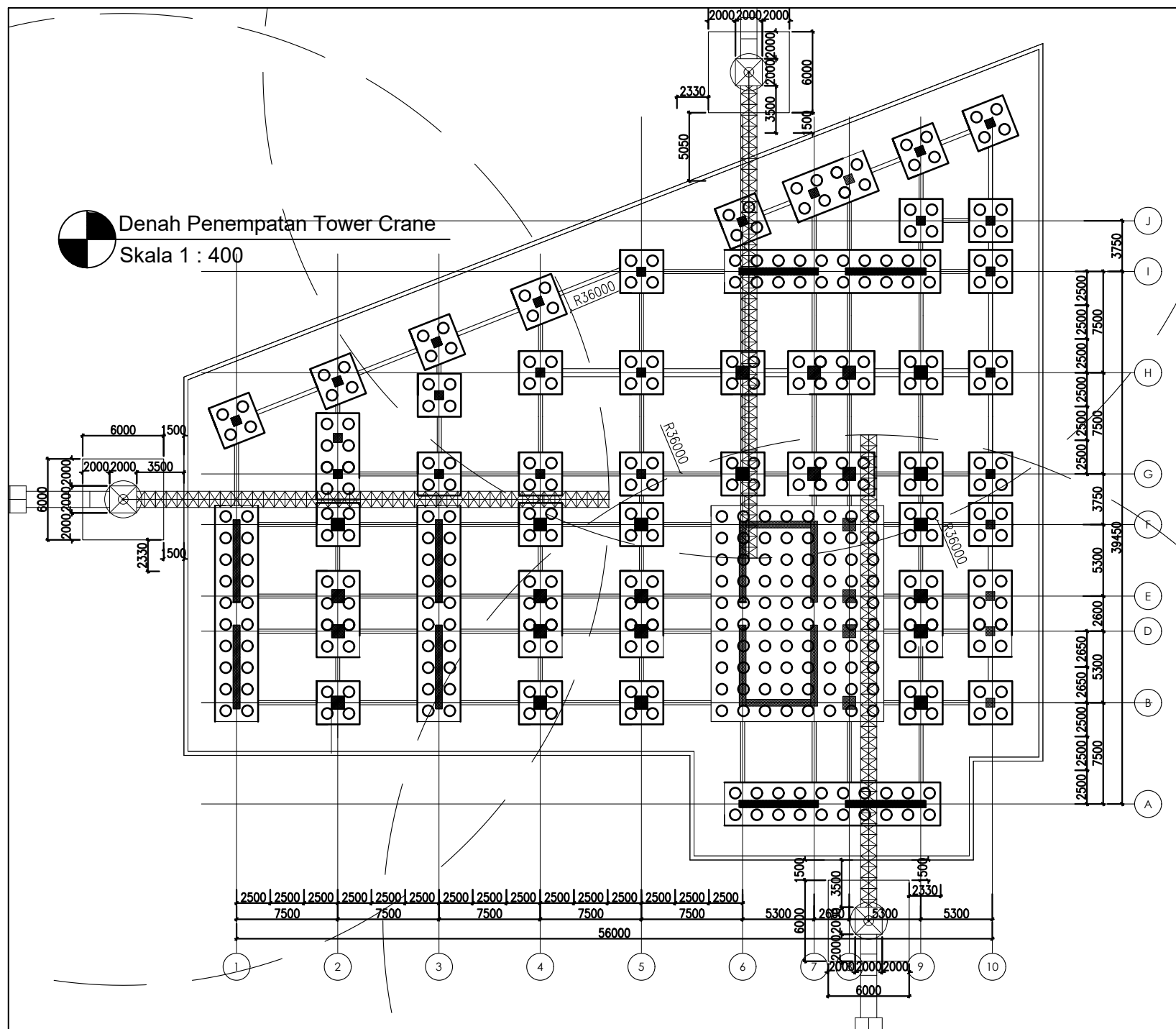
0311154000001

JUDUL GAMBAR

Denah Penempatan  
Tower Crane

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
49	1 : 400	STR

Denah Penempatan Tower Crane  
Skala 1 : 400





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

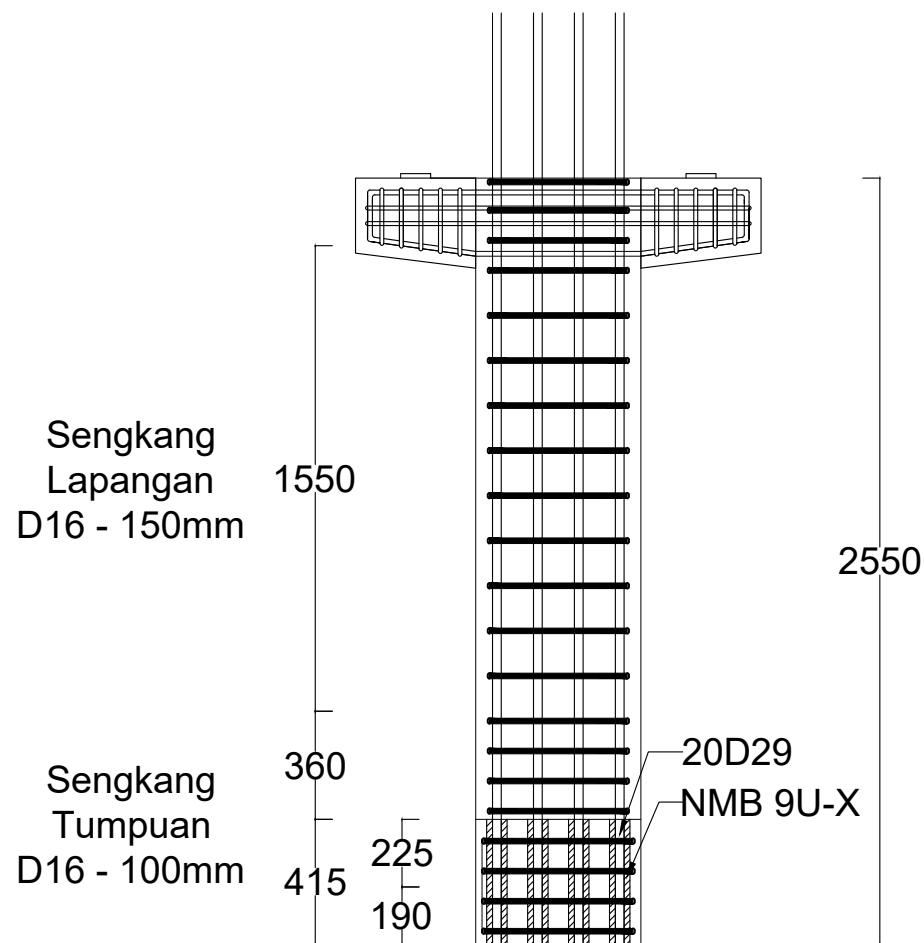
NRP

0311154000001


JUDUL GAMBAR

Kolom Pracetak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
50	1 : 25	STR



TYPE	K1 (550 x 550)
K1	
TULANGAN	12D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	3D16-100
SENGKANG LAPANGAN	3D16-150
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X

 Kolom Pracetak K1  
Skala 1 : 25



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

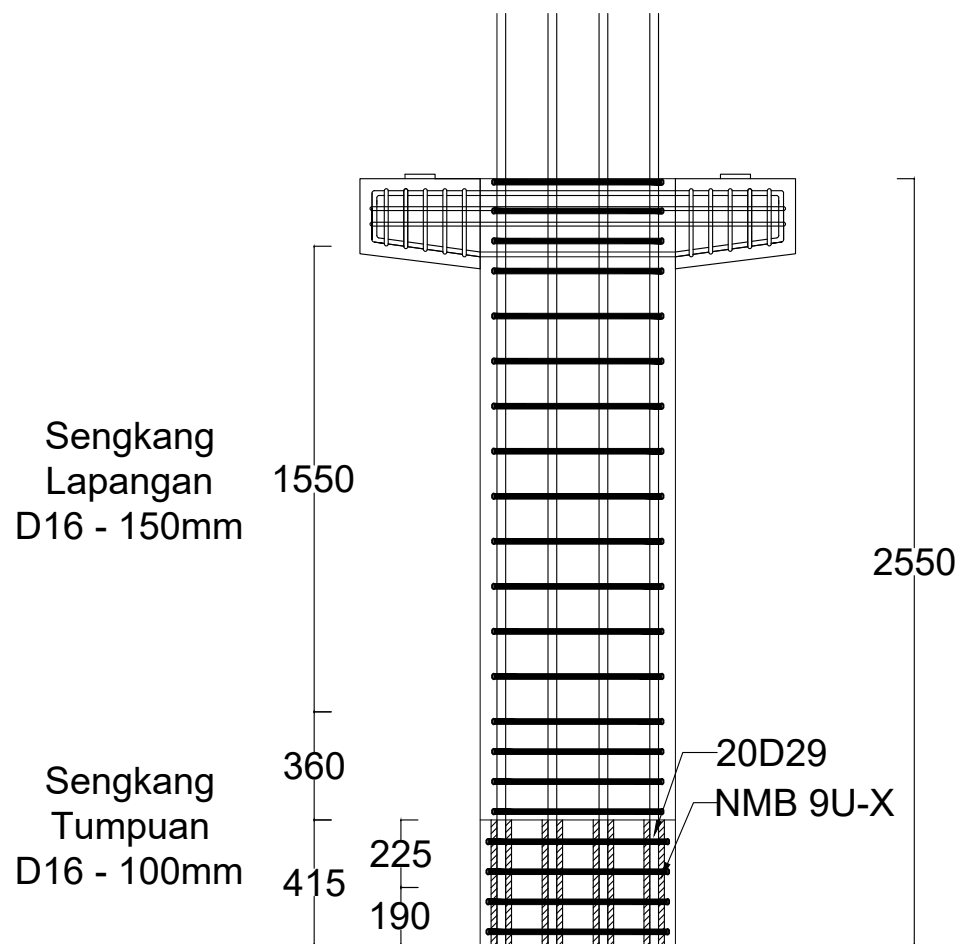
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Kolom Pracetak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
51	1 : 25	STR



TYPE	K2 (650 x 650)
K2	
TULANGAN	12D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	3D16-100
SENGKANG LAPANGAN	3D16-150
K2	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X

Kolom Pracetak K2  
Skala 1 : 25



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

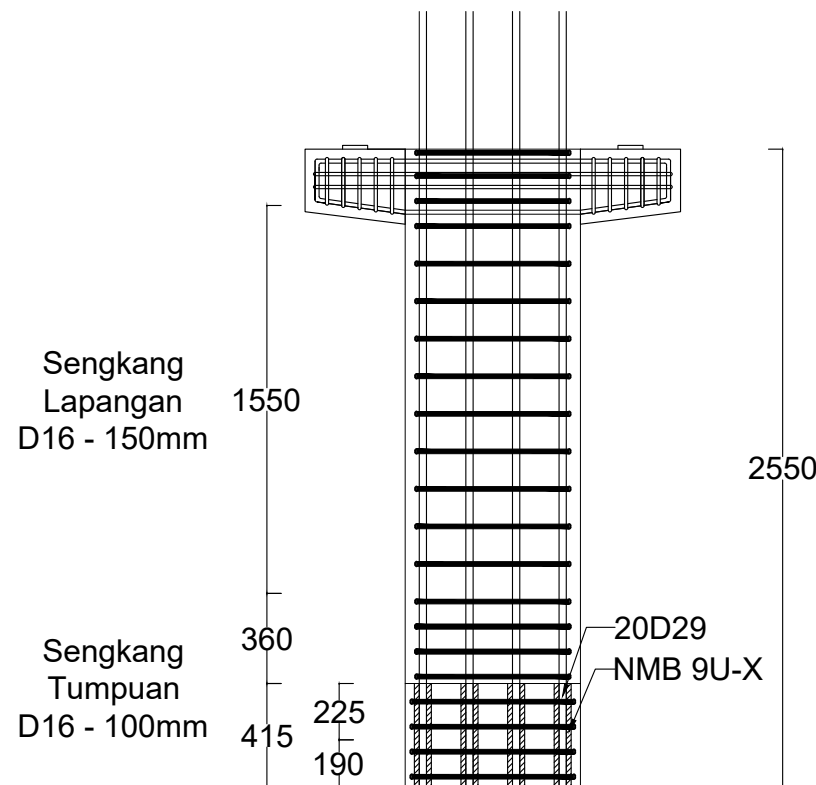
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

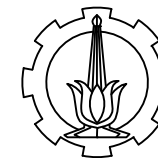
Kolom Pracetak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
52	1 : 30	STR



TYPE	K3 (700 x 700)
K3	
TULANGAN	12D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	3D16-100
SENGKANG LAPANGAN	3D16-150
K3	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X

Kolom Pracetak K3  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

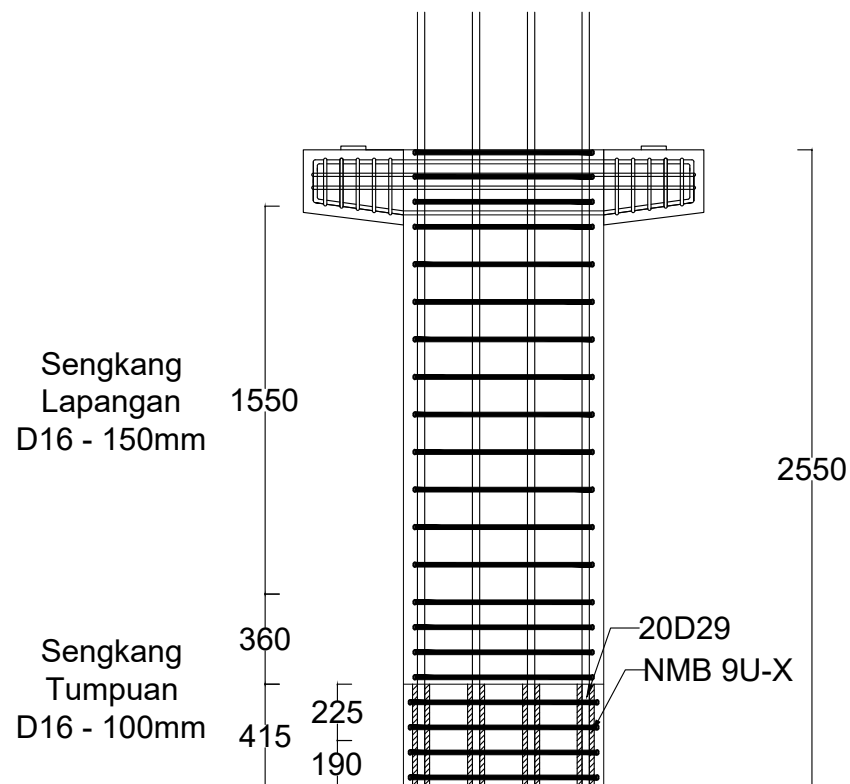
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Kolom Pracetak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
53	1 : 30	STR



TYPE	K4 (800 x 800)
K4	
TULANGAN	12D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	4D16-100
SENGKANG LAPANGAN	4D16-150
K4	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X

Kolom Pracetak K4  
Skala 1 : 30





DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

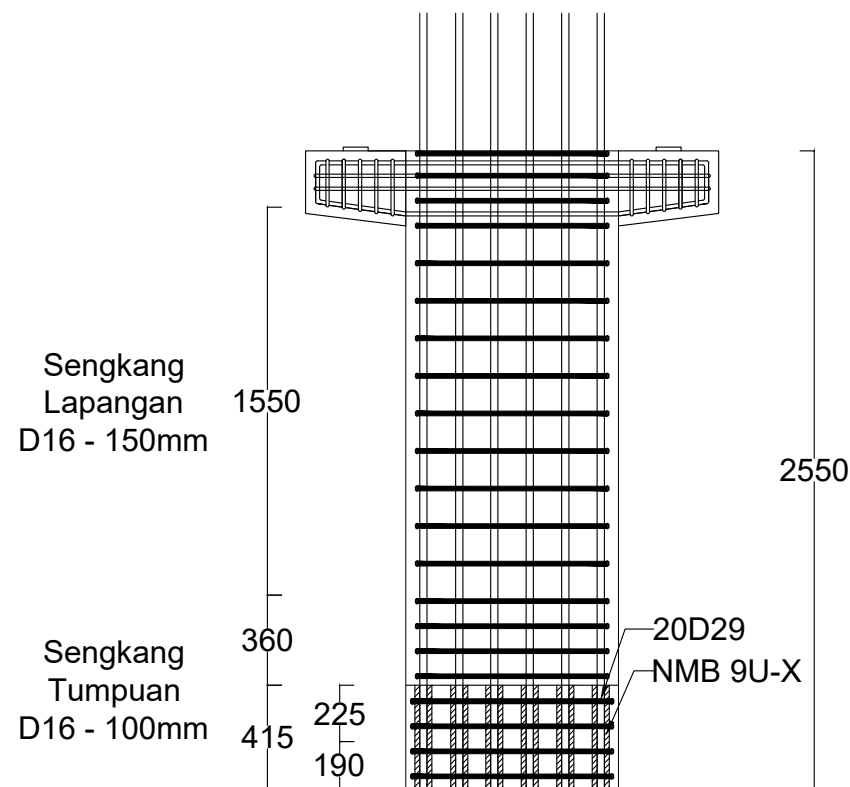
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Kolom Pracetak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
54	1 : 30	STR



TYPE	K5 (850 x 850)
K5	
TULANGAN	20D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	4D16-100
SENGKANG LAPANGAN	4D16-150
K5	
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X



Kolom Pracetak K5  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

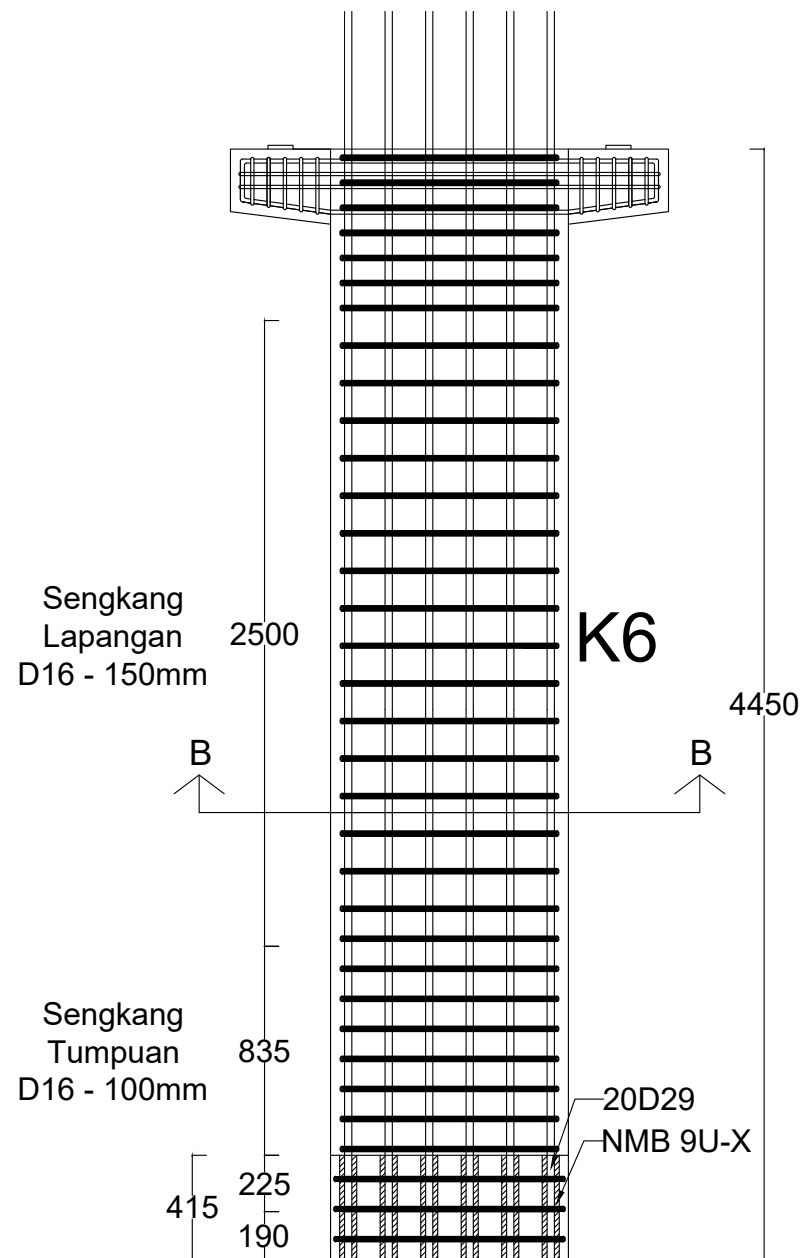
NRP

0311154000001

JUDUL GAMBAR

Kolom Pracetak

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
55	1 : 30	STR



TYPE	K6 (950 x 950)
K6	
TULANGAN	20D29
DECKING	40 mm
SENGKANG TUMPUAN	4D16-100
SENGKANG LAPANGAN	4D16-150
SPLICE SLEEVE	NMB 9U-X
K6	

Kolom Pracetak K6  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid, ST., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN PERENCANAAN  
APARTEMEN THE CONEXIO  
LRT SUPERBLOCK DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRACETAK

NAMA MAHASISWA

FABIAN ADIYASA  
PADMADIWIRJA

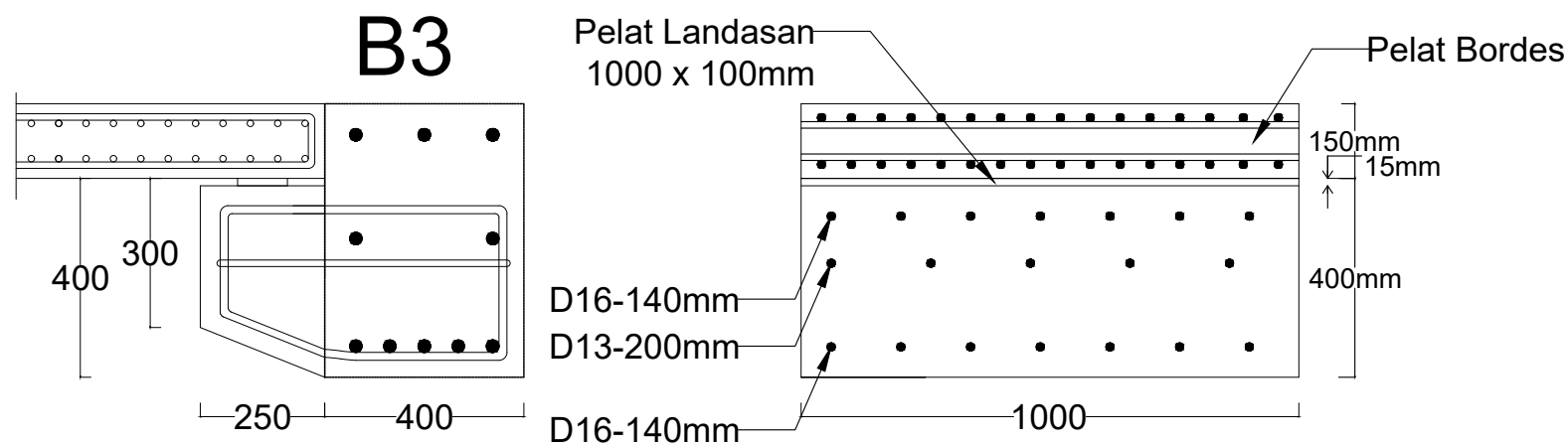
NRP


0311154000001

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Konsol

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
56	1 : 15	STR



 Detail Penulangan Konsol Tangga-Balok  
Skala 1 : 15

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Fabian Adiyasa Padmawirja dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 23 Februari 1998. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara pasangan Anton Saptana dan Iis Ayu Indrasari. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDNP KOMP. IKIP Jakarta, SMP Labschool Jakarta, dan SMA Labschool Jakarta. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) Surabaya melalui program SNMPTN 2015 dan terdaftar dengan NRP. 0311154000001. Selama menempuh studi, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan dengan ranah departemen hubungan luar Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS) dan aktif dalam berbagai kepanitiaan. Penulis adalah mahasiswa program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur dengan mengambil judul tugas akhir “Modifikasi Perencanaan Apartemen The Conexio LRT Superblock Dengan Menggunakan Metode Pracetak”. Segala bentuk komunikasi yang ingin disampaikan kepada penulis terkait tugas akhir ini dapat disampaikan melalui email [fabianadiyasa@yahoo.co.id](mailto:fabianadiyasa@yahoo.co.id)