



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15
LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN
SHEAR WALL**

KURNIAWAN SUGIANTO

NRP. 03111640000043

Dosen Pembimbing I

Prof. Tavio, S.T., M.T., P.hD

Dosen Pembimbing II

Data Iranata, S.T., M.T., P.hD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15
LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN
SHEAR WALL**

KURNIAWAN SUGIANTO

NRP. 03111640000043

Dosen Mata Kuliah I

Prof. Tavio, S.T., M.T., P.hD

Dosen Pembimbing II

Data Iranata, S.T., M.T., P.hD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**STRUCTURAL MODIFICATION OF LA VIZ 15 FLOOR
APARTMENT BUILDING USING PRECAST CONCRETE
WITH SHEAR WALL**

KURNIAWAN SUGIANTO

NRP. 03111640000043

Academic Supervisor I

Prof. Tavio, S.T., M.T., P.hD

Academic Supervisor II

Data Iranata, S.T., M.T., P.hD

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Civil Engineering, Planning, and Potential

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2020

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA
VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK
DENGAN SHEAR WALL**

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :
KURNIAWAN SUGIANTO
NRP. 03111640000043

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Tavio, ST. MT. P.hD

Data Iranata, ST. MT. P.hD



SURABAYA, JANUARI, 2020

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEAR WALL

Nama Mahasiswa : Kurniawan Sugianto
NRP : 03111640000043
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio ST., MT., Ph.D.
: Data Iranata, ST. MT. PhD

ABSTRAK

Apartemen La Viz adalah salah satu apartemen yang terletak di Kota Surabaya bagian barat, dengan total lantai berjumlah 38 dan langsung tersambung dengan salah satu mall besar di Surabaya. Apartemen La Viz dibangun sebagai salah satu pemenuhan permintaan hunian vertikal di lokasi yang strategis. Apartemen La Viz didirikan dengan struktur utama menggunakan beton bertulang melalui metode cor in-situ. Metode ini dinilai memiliki beberapa kekurangan terutama dari segi waktu pengerjaan yang relatif lebih lama dan kontrol kualitas yang sulit dilakukan karena pengcoran dilakukan di lapangan. Sehingga digunakan metode beton pracetak untuk menutupi beberapa kekurangan yang ada pada beton konvensional (cor ditempat).

Sehingga dalam tugas akhir ini dilakukan perencanaan untuk modifikasi struktur gedung apartemen La Viz menggunakan beton pracetak dimana akan diaplikasikan pada pelat, balok, dan kolom, serta sistem struktur tetap menggunakan sistem ganda menggunakan shear wall dengan metode cor ditempat. Struktur modifikasi ini akan menggunakan sambungan dari produk *Peikko Group* tipe *MODIX Rebar Coupler* untuk balok-kolom serta balok anak-balok induk dan *NMB Splice-Sleeve* untuk sambungan

kolom-kolom, dan kolom-base plate dan akan digunakan *overtopping* pada balok induk-balok anak dan balok-pelat.

Pada perencanaan elemen struktur penulis tetap menggunakan ketentuan sesuai SNI 2847:2013, SNI 1726:2012, PCI Handbook, dan beberapa referensi lainnya. Tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk menghasilkan desain perencanaan modifikasi struktur apartemen La Viz dengan beton pracetak dan shear wall.

Kata Kunci: Apartemen La Viz, Beton Pracetak, Sambungan Pracetak, Shearwall, Peikko Group, NMB Splice-Sleeve.

STRUCTURAL MODIFICATION OF LA VIZ 15 FLOOR APARTMENT BUILDING USING PRECAST CONCRETE WITH SHEAR WALL

Student Name : Kurniawan Sugianto
NRP : 03111640000043
Department : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Academic Supervisor : Prof. Tavio ST., MT., Ph.D.
: Data Iranata, ST. MT. PhD

ABSTRACT

La Viz Apartment is one of the apartments located in the western part of Surabaya City, with a total of 38 floors and is directly connected to one of the major malls in Surabaya. La Viz Apartment was built as one of the fulfillment of the demand for vertical housing in a strategic location. La Viz Apartment was established with the main structure using reinforced concrete through the in-situ cast method. This method is considered to have several shortcomings, especially in terms of relatively longer processing time and quality control which is difficult to do because casting is done in the field. So the precast concrete method is used to cover some of the deficiencies that exist in conventional concrete (cast in place).

So that in this final project a plan is made to modify the structure of the La Viz apartment building using precast concrete which will be applied to plates, beams and columns, as well as a fixed structural system using a dual system using a shear wall with the cast method in place. This structural modification will use a connection from Peikko Group's MODIX Rebar Coupler type products for beam-column and secondary beam-primary beam and NMB Splice-Sleeve for column-column, and column-base plates and will be used overtopping on secondary beam-primary beam and beam-slabs.

In the planning of structural elements the author still uses the provisions in accordance with SNI 2847: 2013, SNI 1726: 2012, PCI Handbook, and several other references. The purpose of this Final Project is to produce a design plan for the modification of La Viz apartment structures with precast concrete and shear walls.

Keywords: **La Viz Apartment, Precast Concrete, Precast Connection, Shearwall, Peikko Group, NMB Splice-Sleeve.**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Tuhan YME atas anugrah dan rahmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini. Proposal Tugas Akhir ini membahas mengenai “*Modifikasi Struktur Gedung Apartemen La Viz 15 Lantai Menggunakan Beton Pracetak dengan Shear-wall*”. Proposal Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang desain dan perencanaan elemen beton pracetak berupa pelat, balok, dan kolom sebagai bentuk modifikasi struktur apartemen La Viz.

Proposal Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan dengan tepat waktu tanpa bantuan dari beberapa pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. Selaku dosen pembimbing tugas akhir.
2. Bapak Data Iranata, ST. MT. PhD. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
3. Bapak Ir. Fuddoly, M.Sc. Selaku dosen wali.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
5. Teman-teman mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan proposal ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kelengkapan laporan ini. Akhir kata, semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang terkait

Surabaya, 20 Desember 2019

(Penulis)

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Sistem Struktur Gedung	7
2.2.1 Struktur Gedung Tahan Gempa	7
2.2.2 Sistem Struktur Ganda (<i>Dual System</i>)	8
2.3 Beton Pracetak	9
2.3.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton Pracetak.....	9
2.4 Elemen Beton Pracetak	11
2.4.1. Plat	11
2.4.2 Balok.....	12
2.4.3 Kolom	13
2.5 Shear-Wall	14
2.6 Sambungan Beton Pracetak.....	15

2.6.1 Sambungan Basah (<i>wet connection</i>)	15
2.6.2 Sambungan Kering (<i>Dry Connection</i>)	16
2.7 Pondasi	19
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Umum.....	21
3.2 Diagram Alir Perencanaan	22
3.3 Pengumpulan Data Perencanaan	23
3.4 Metode Pelaksanaan.....	25
3.4.1 Metode Horizontal	25
3.4.2 Pengangkatan Elemen Pracetak	25
3.5 Preliminary Desain.....	29
3.5.1 Preliminary Desain Balok.....	29
3.5.1 Preliminary Desain Kolom	30
3.5.1 Preliminary Desain Pelat	30
3.6 Pembebanan	30
3.6.1 Beban Mati.....	30
3.6.2 Beban Hidup	30
3.6.3 Beban Gempa.....	30
3.6.5 Kombinasi Pembebanan	31
3.7 Perencanaan Struktur Sekunder	32
3.7.1 Perencanaan Pelat	32
3.7.2 Perencanaan Tangga	33
3.7.3 Perencanaan Balok Anak	33
3.8 Permodelan Struktur.....	33
3.9 Kontrol Permodelan Struktur	33
3.9.1 Kontrol Perioda Fundamental Struktur.....	33

3.9.2 Kontrol Partisipasi Massa	34
3.9.3 Kontrol Beban Gempa Dinamis.....	34
3.9.4 Kontrol Drift Struktur	35
3.10 Perencanaan Struktur Primer.....	36
3.10.1 Penulangan Balok	36
3.10.2 Penulangan Kolom.....	38
3.10.3 Perencanaan dan Penulangan <i>Shear-wall</i>	39
3.11 Perencanaan Sambungan.....	40
3.11.1 Sambungan Balok-Kolom.....	40
3.11.2 Sambungan Balok-Pelat.....	42
3.11.3 Sambungan Kolom-Kolom / Kolom- <i>Base Plate</i>	43
3.11.4 Sambungan Balok Induk-Balok Anak	44
3.12 Perencanaan Pondasi	44
3.12.1 Daya Dukung Tiang Pancang	44
3.12.2 Tekanan Ijin Pada Tiang	45
3.12.3 Jumlah Tiang dan Efisiensi.....	45
3.12.4 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang.....	46
3.12.4 Kontrol Geser Ponds pada Poer	46
3.13 Gambar Teknik.....	47
3.14 Jadwal Kegiatan	47
BAB IV PEMBAHASAN	49
4.1 Preliminary Desain.....	49
4.1.1 Data Umum Perencanaan.....	49
4.1.2 Preliminary Desain Balok Induk.....	51
4.1.3 Preliminary Desain Balok Anak	52
4.1.4 Preliminary Desain Pelat	54

4.1.5 Preliminary Desain Kolom	57
4.1.6 Preliminary Desain <i>Shearwall</i>	63
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder	64
4.2.1 Perencanaan Pelat	64
4.2.2 Perencanaan Balok Anak	87
4.2.3 Perencanaan Tangga	111
4.2.4 Perencanaan Balok Lift.....	126
4.3 Pembebanan	133
4.4 Permodelan dan Analisa Struktur.....	136
4.4.1 Kontrol Pembebatan.....	137
4.4.2 Pembebanan Gempa Dinamis	138
4.4.3 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental.....	140
4.4.4 Kontrol Gaya Geser Dasar.....	142
4.4.5 Kontrol <i>Dual System</i>	147
4.4.6 Kontrol Partisipasi Massa	149
4.4.7 Kontrol Drift	149
4.5 Perencanaan Struktur Primer	152
4.5.1 Perencanaan Balok Induk	152
4.5.2 Perencanaan Kolom	188
4.5.3 Perencanaan Dinding Geser.....	198
4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak.....	209
4.6.2 Perencanaan Konsol Pada Elemen Pracetak	210
4.6.3 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom.....	214
4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok Anak-Balok Induk	221
4.6.5 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok.....	227
4.6.6 Perencanaan Sambungan Tangga – Shearwall	228

4.6.7 Perencanaan Sambungan Kolom-Kolom	229
4.7.1 Pembebanan	230
4.7.2 Data Perencanaan.....	232
4.7.3 Perencanaan Tiang Pancang	233
4.7.4 Perencanaan Pile Cap.....	246
4.8 Metode Pelaksanaan.....	260
4.8.1 Beton Pracetak	260
4.8.2 Penggunaan Crane	261
4.8.3 Metode Pelaksanaan Elemen Pracetak.....	262
BAB V PENUTUP	265
5.1 Kesimpulan	265
5.2 Saran.....	266
DAFTAR PUSTAKA.....	269
LAMPIRAN	273

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kegagalan Sesuai Strong Column Weak Beam.....	8
Gambar 2. 2Skema Plat Pracetak	12
Gambar 2. 3 Sistem Balok Pracetak	13
Gambar 2. 4 Kolom Pracetak	14
Gambar 2. 5 Penggolongan Shear-wall	15
Gambar 2. 6 Sambungan Basah Beton Pracetak	16
Gambar 2. 7 Sambungan Kering Dowel.....	17
Gambar 2. 8 Sambungan Kering Baut.....	18
Gambar 2. 9 Spun Pile.....	19
Gambar. 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	23
Gambar. 3.2 Sketsa Metode Pelaksanaan Arah Horizontal.....	25
Gambar. 3.3 Pengangkatan Pelat Empat Titik.....	26
Gambar. 3. 4 Pengangkatan Pelat Delapan Titik Angkat	27
Gambar. 3.5 Skema Pengangkatan Balok Pracetak.....	28
Gambar. 3.6 Skesta Pengangkatan Kolom Pracetak.....	29
Gambar. 3.7 Penentuan Simpangan Antar Lantai	36
Gambar. 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Lentur.....	37
Gambar. 3.9 Sambungan Balok-Kolom Produk PEIKKO	40
Gambar. 3. 10 Sketsa Sambungan Balok Kolom	41
Gambar. 3.11 Perencanaan Konsol Pendek sesuai SNI 2847:13.42	
Gambar. 3.12 Sketsa Sambungan Balok-Pelat	43
Gambar. 3.13 Sambungan Kolom Produk NMB Splice Sleeve ..	43
Gambar. 3. 14 Sambungan Balok Induk- Balok Anak	44
Gambar. 3. 15 Jadwal Rencana Kegiatan	47
Gambar. 4. 1 Denah Struktur.....	50
Gambar. 4. 2 Denah Balok	51
Gambar. 4. 3 Denah Pelat Lantai.....	54
Gambar. 4. 4 Denah Kolom Struktur.....	57
Gambar. 4. 5 Sketsa Gaya Pada Stud Untuk Momen Positif.....	82
Gambar. 4. 6 Sketsa Gaya Pada Stud Untuk Momen Negatif	82
Gambar. 4. 7 Profil Pengangkatan Pelat.....	86
Gambar. 4. 8 Distribusi Beban Pada Balok Anak	88

Gambar. 4. 9 Skema Pengangkatan Balok	103
Gambar. 4. 10 Profil Tulangan Angkat Balok Anak	110
Gambar. 4. 11 Skema Pembebanan Pada Tangga dan Bordes ..	113
Gambar. 4. 12 Gaya Normal Tangga.....	115
Gambar. 4. 13 Gaya Lintang Tangga	116
Gambar. 4. 14 Momen Pada Tangga	117
Gambar. 4. 15 Sketsa Pembebanan Balok Lift.....	128
Gambar. 4. 16 Permodelan Pada ETABS	137
Gambar. 4. 17 Distribusi Beban Pada Balok Induk (BI4)	153
Gambar. 4. 18 Skema Pembebanan Balok Induk	155
Gambar. 4. 19 Skema Pengangkatan Balok Induk	173
Gambar. 4. 20 Profil Pengangkatan Balok	186
Gambar. 4. 21 Denah Perencanaan Kolom Pracetak	189
Gambar. 4. 22 Hasil Perhitungan Kolom dari SpColumn	190
Gambar. 4. 23 Profil Pengangkatan Kolom.....	198
Gambar. 4. 24 Ilustrasi Penyaluran Gaya Sambungan Kolom ..	209
Gambar. 4. 25 Ilustrasi Penyaluran Gaya Sambungan Balok....	210
Gambar. 4. 26 Denah Tiang Pancang Tipe 1	238
Gambar. 4. 27 Area Geser Ponds 2 Arah	248
Gambar. 4. 28 Penulangan Lentur Sloof	258
Gambar. 4. 29 Pelaksanaan Kolom Pracetak.....	262
Gambar. 4. 30 Pelaksanaan Sambungan Balok Pracetak	263

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelebihan Beton Pracetak	9
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Desain Balok Induk.....	52
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Preliminary Balok Anak	53
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Perhitungan Tipe Plat	55
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai.....	56
Tabel 4. 5 Tabel Beban Lantai Kolom Lantai 11-Atap	58
Tabel 4. 6 Beban Total Kolom Atap.....	59
Tabel 4. 7 Beban Total Kolom Lantai 6 – Lantai 10	60

Tabel 4. 8 Beban Total Kolom Lantai 1 – Lantai 5	62
Tabel 4. 9 Tabel Rekapitulasi Perhitungan Pelat.....	87
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Balok Anak.....	111
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Pembebanan Struktur.....	134
Tabel 4. 12 Tabel Pembebanan ETABS	137
Tabel 4. 13 Tabel Perioda Struktur.....	142
Tabel 4. 14 Berat Seismik Struktur	145
Tabel 4. 15 Gaya Geser Dasar Dinamik	146
Tabel 4. 16 Gaya Geser Dasar Dinamik Setelah Faktor	147
Tabel 4. 17 Gaya Pada Shearwall.....	148
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Presentase Gaya Pada Shearwall	149
Tabel 4. 19 Partisipasi Massa Permodelan	149
Tabel 4. 20 Simpangan Struktur Arah X	151
Tabel 4. 21 Simpangan Struktur Arah Y	151
Tabel 4. 22 Perhitungan Mpr balok induk.....	178
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk	187
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (2)	188
Tabel 4. 25 Beban Kolom K1	189
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Perhitungan Kolom.....	198
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perhitungan Konsol Pendek	214
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Sambungan Balok Kolom <i>Single Sided</i>	220
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Sambungan Balok Kolom <i>Double Sided</i>	220
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Sambungan Balok Kolom <i>Double Sided</i> (2)	221
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak-Balok Induk (Single Sided)	226
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak-Balok Induk (Double Sided)	227
Tabel 4. 33 Beban Pada Pile Cap Tipe 1	231
Tabel 4. 34 Beban Pada Pile Cap Tipe 2	231
Tabel 4. 35 Beban Pada Pile Cap Tipe 3	232

Tabel 4. 36 Beban Pada Pile Cap Tipe 4	232
Tabel 4. 37 Perhitungan Daya Dukung Tanah	236
Tabel 4. 38 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 1	240
Tabel 4. 39 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 2	241
Tabel 4. 40 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 3	241
Tabel 4. 41 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 4	241
Tabel 4. 42 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 1	244
Tabel 4. 43 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 2	245
Tabel 4. 44 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 3	245
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 4	245
Tabel 4. 46 Area Kritis Geser Ponds 1 Arah	247

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya Indonesia jumlah penduduk di kota-kota besar pun ikut meningkat, salah satunya di Kota Surabaya. Surabaya adalah salah satu kota besar di Jawa timur dengan luas total wilayah sebesar 326.81 km². Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, laju pertumbuhan penduduk per tahun di kota Surabaya pada tahun 2016- 2017 mencapai angka 0.43% dengan total jumlah penduduk 2.874.699 jiwa. Hal ini menempatkan Surabaya menjadi kota dengan jumlah penduduk terbesar di Jawa Timur.

Meningkatnya jumlah penduduk di suatu kota turut serta membawa masalah baru karena tidak disertai dengan meningkatnya ketersediaan lahan tempat tinggal. Besarnya kebutuhan akan lahan hunian sedangkan adanya keterbatasan lahan yang dapat digunakan sebagai hunian menyebabkan harga tanah dan rumah semakin meningkat dari hari ke hari. Hal ini dapat menyebabkan masyarakat dengan tingkat pendapatan rendah kesulitan dalam mendapatkan lahan untuk hunian.

Konsep hunian vertikal merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi persoalan keterbatasan lahan tersebut. Salah satu konsep hunian vertikal yang sering digunakan adalah apartemen. Apartemen dapat menampung lebih banyak orang dengan luas lahan yang lebih kecil, sehingga didapatkan harga yang relatif lebih murah dibandingkan hunian konvensional. Kelebihan apartemen ini menyebabkan permintaan akan apartemen di Surabaya menjadi meningkat.

Kelebihan yang dimiliki oleh apartemen tentunya juga disertai dengan beberapa kekurangan seperti masalah waktu pembangunan yang relatif lama dibanding hunian biasa, sedangkan

akibat meningkatnya permintaan menuntut pekerjaan pembangunan dapat berjalan dengan cepat. Tuntutan pembangunan cepat ini juga menyebabkan adanya kesulitan dalam kontrol kualitas beton yang menjadi bahan struktur utama dan jika pengecoran dilakukan secara in-situ maka hasil kualitas beton sangatlah tergantung pada pekerja dilapangan. Kegiatan konstruksi secara intensive juga dapat menciptakan gangguan lingkungan seperti kebisikan, debu, limpasan berlumpur, dan sejumlah besar limbah (L. Jaillon, 2007). Kekurangan diatas merupakan kelemahan pembangunan apartemen dengan proses pengecoran in-situ.

Beton pracetak yang merupakan salah satu inovasi dalam dunia konstruksi hadir mengatasi kekurangan dari beton dengan proses cor in-situ. Beton pracetak adalah beton yang dicetak dipabrik sesuai dengan kebutuhan lalu dikirim menuju proyek untuk dipasang. Hal ini dapat menghemat waktu karena tidak melakukan pengecoran di proyek dan menunggu beton kering. Beton pracetak yang dibuat dipabrik menyebabkan mempermudah dalam hal pengontrolan kualitas dan dapat menghemat biaya dari tenaga kerja serta penggunaan bekisting, semen, dan baja tulangan. Dalam kasus khusus penggunaan beton pracetak dapat menghemat penggunaan semen sebesar 55% dan baja tulangan sebesar 40% (Alfred A. Yee, 2001)

Akan tetapi beton pracetak memiliki kekurangan dari segi ketahanan terhadap gempa, bahkan beberapa negara masih mempertimbangkan penggunaan beton pracetak dalam struktur tahan gempa karena adanya kekhawatiran akan kinerja yang buruk dalam gempa bumi besar (R. K. Khare, 2010). Hal ini dilihat dari contoh kegagalan saat gempa di Tangshan (China) tahun 1976, di Michoacan (Mexico) tahun 1985, di Northridge tahun 1994, dan di Kocalli tahun 1999, dimana terjadi kegagalan pada struktur beton pracetak akibat kekurangan dalam desain dan detailing, ketidakmampuan komponen struktur, dan adanya kekurangan dalam sambungan (R. K. Khare, 2010).

Shear-wall merupakan dinding struktur dari beton bertulang yang berfungsi untuk menahan gaya geser dan gaya lateral dari struktur. Penggunaan *shear-wall* pada struktur beton pracetak dapat mengatasi masalah kekurangan dalam aspek ketahanan terhadap gempa. Struktur *shear-wall* dapat menyerap sebagian beban gempa sehingga dapat mengurangi beban gempa pada struktur *frame* dan dengan demikian mencegah kegagalan struktur serta dapat mengurangi dimensi dari kolom sehingga dapat menghasilkan luasan ruangan yang lebih luas.

Oleh karena itu tugas akhir ini membahas mengenai bagaimana modifikasi pembangunan tower apartemen La Viz di Surabaya menggunakan system struktur beton pracetak dengan *shear-wall*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas terdapat berbagai rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan preliminary design untuk struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan perencanaan?
2. Bagaimana pembebanan pada struktur apartemen La Viz?
3. Bagaimana perhitungan dan analisa permodelan struktur apartemen La Viz menggunakan program bantu sap2000/ ETABS ?
4. Bagaimana menentukan dan mengontrol dimensi penampang pada struktur apartemen La Viz?
5. Bagaimana merencanakan sambungan kering antar komponen pracetak?
6. Bagaimana merencanakan pondasi yang mampu menahan beban struktur sesuai kondisi tanah?
7. Bagaimana membuat gambar Teknik dari hasil perhitungan dan analisis struktur Apartemen La Viz?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam modifikasi struktur apartemen La Viz ini adalah:

1. Modifikasi sebagai alternatif pembangunan gedung bertingkat menggunakan sistem beton pracetak dengan *shearwall*.
2. Perencanaan elemen pracetak hanya pada pelat, balok, dan kolom, sedangkan *shearwall* menggunakan metode cor ditempat.
3. Perencanaan tidak meninjau dari segi arsitektur gedung.
4. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi beton pracetak, analisa waktu, dan anggaran biaya yang digunakan.
5. Perencanaan tidak meninjau *electrical* dan *plumbing*.
6. Petencanaan tidak menghitung *retaining wall* pada *basement*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan preliminary design untuk struktur primer dan sekunder.
2. Menghitung pembebanan pada struktur.
3. Melakukan perhitungan dan analisa permodelan struktur apartemen La Viz menggunakan program bantu SAP2000/ ETABS.
4. Melakukan kontrol penampang pada struktur apartemen La Viz.
5. Merencanakan sambungan pada elemen pracetak.
6. Merencanakan pondasi yang mampu menahan beban struktur sesuai kondisi tanah yang ada.
7. Membuat gambar Teknik sesuai perhitungan dan analisa struktur apartemen La Viz.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah untuk dapat mengetahui cara perencanaan dan perhitungan modifikasi apartemen La Viz sehingga dapat menjadi acuan dalam perencanaan gedung apartemen terutama yang menggunakan metode pracetak dengan *shear-wall*.

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas dasar teori dan jurnal referensi mengenai modifikasi ulang gedung Apartemen La Viz secara umum dan dengan sistem struktur beton pracetak dengan *shear-wall* secara khusus.

2.2 Sistem Struktur Gedung

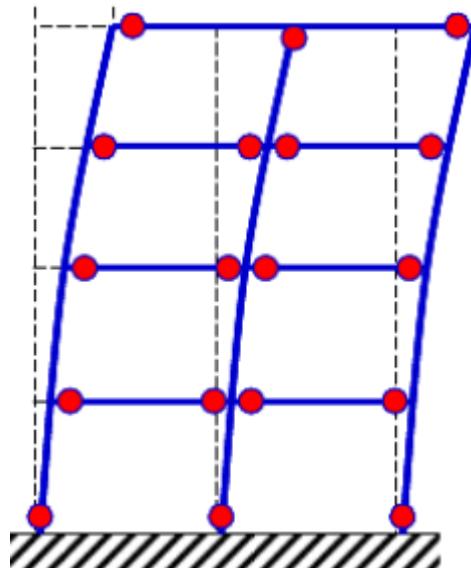
Sistem struktur yang digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung secara umum terdapat beberapa sistem struktur, diantaranya sistem dinding struktur, sistem rangka pemikul momen, dan sistem ganda. Pada modifikasi struktur Apartemen La Viz ini digunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen disertai dinding geser dari beton bertulang. Perencanaan juga menggunakan zona gempa pada daerah yang bersangkutan.

2.2.1 Struktur Gedung Tahan Gempa

Berdasarkan Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa, taraf keamanan minimum untuk bangunan gedung dan rumah tinggal yang masuk dalam kategori bagunan tahan gempa, yaitu yang memenuhi berikut ini:

- a. Bila terkena gempa bumi lemah, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali
- b. Bila terkena gempa bumi sedang, bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non-struktural, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktural.
- c. Bila terkena gempa bumi yang sangat kuat, bangunan tersebut boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh.

Konsep struktur tahan gempa menggunakan prinsip *strong column weak beam* dimana akan terjadi sendi plastis pada ujung-ujung balok ketika terjadi gempa



Gambar 2. 1 Kegagalan Sesuai Strong Column Weak Beam

(Sumber: Ye Lieping, 2009)

2.2.2 Sistem Struktur Ganda (*Dual System*)

Sistem struktur ganda merupakan gabungan dari sistem struktur rangka pemikul momen dengan sistem dinding geser. Sistem ini bekerja bersamaan untuk menahan beban gempa pada struktur. Sesuai dengan standar yang ada bahwa pada sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Sistem rangka akan menerima

sedikitnya 25% dari gaya lateral yang bekerja dan shearwall akan menerima paling banyak 75% dari gaya lateral yang bekerja.

2.3 Beton Pracetak

Beton pracetak adalah beton yang dicetak dipabrik sesuai dengan pesanan atau permintaan lalu setelah selesai dikirim ke proyek untuk segera dipasang pada posisi yang sesuai. Beton pracetak diproduksi dengan metode industri yang berdasarkan konsep produksi secara massal untuk membangun sebagian besar bangunan dalam waktu singkat dan biaya yang rendah. (Svetlana Brezv, 2011).

2.3.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton Pracetak

Berikut kelebihan beton pracetak dari berbagai aspek jika dibandingkan dengan beton cor in-situ:

Tabel 2.1. Kelebihan Beton Pracetak

(Sumber: L. Jaillon, 2007)

Aspek	Pracetak	Konvensional (In-situ)
Kontrol kualitas	Memiliki kontrol kualitas yang lebih bagus karena diproduksi dipabrik.	Sangat tergantung pada kualitas pekerja dilapangan
Waktu konstruksi	Dapat mengurangi waktu konstruksi sekitar 20% karena produksi	Lebih lama dibanding metode pracetak

	dilakukan di pabrik dan dikirim dalam kondisi siap digunakan.	
Desain	Dapat mempermudah desain konstruksi yang rumit dan melengkung	Lebih sulit terutama jika dilakukan di ketinggian.
Limbah konstruksi	Dapat mengurangi limbah konstruksi sekitar 28% dari yang terjadi, karena terjadi di lingkungan pabrik sehingga lebih mudah di <i>recycle</i> atau di <i>reuse</i> .	Menghasilkan limbah konstruksi yang lebih banyak
Kebutuhan Tenaga Kerja	Dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja sekitar 9.5%.	Membutuhkan tenaga kerja lebih banyak
Keamanan dan kesehatan	Lebih aman karena pengcoran dilakukan di pabrik dan dapat mengurangi debu, kebisingan, dan polusi lainnya.	Lebih berisiko dan menghasilkan polusi yang berbahaya bagi kesehatan pekerja

Selain memiliki kelebihan beton pracetak juga memiliki beberapa kekurangan sebagai berikut (Ratih, 2011):

- Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkan pada posisi tertentu
- Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
- Diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan
- Diperlukan lahan yang luas untuk proses produksi dalam jumlah yang besar
- Hanya cocok untuk bangunan yang menggunakan komponen yang sejenis (*typical*) atau yang berulang (*repetitive*).

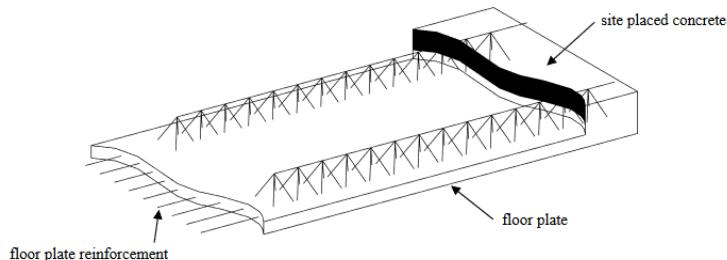
2.4 Elemen Beton Pracetak

Elemen struktur beton pracetak di produksi di pabrik lalu kemudian dilakukan pemasangan dilapangan sesuai dengan metode yang telah ditetapkan. Elemen struktur beton pracetak yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah plat, balok, dan kolom.

2.4.1. Plat

Pelat merupakan struktur yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pada pelat beton pracetak, pada saat pengangkutan atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit. Tujuan utama dari plat adalah untuk menerima dan menyalurkan beban diatasnya ke elemen sistem struktur utama (Bjorn Engstrom, 2008)

Jenis-jenis plat yang umum digunakan *solid slabs*, *hollow core slab*, *single tess slab*, dan *double tess slab*. Pelat akan menumpu pada balok dan sambungan akan dilakukan dengan *overtapping*.

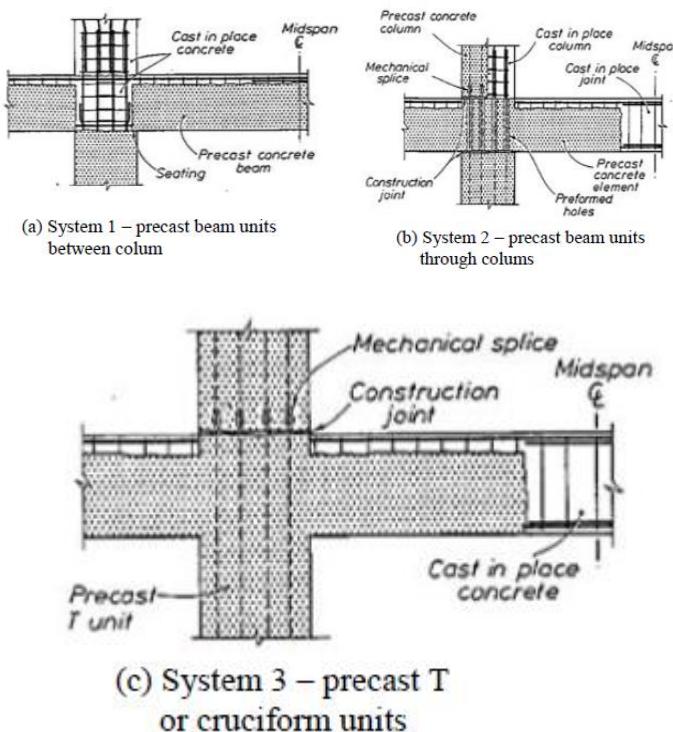


Gambar 2. 2Skema Plat Pracetak

(Sumber: Bjorn Engstrom, 2008)

2.4.2 Balok

Balok pracetak adalah balok dari beton bertulang yang telah difabrikasi terlebih dahulu di pabrik untuk selanjutnya diantar dan dipasang langsung di site. Balok pracetak terdiri dari beberapa jenis berdasarkan penampangnya diantaranya balok berpenampang persegi, balok berpenampang L dan balok berpenampang T terbalik. Secara general sistem balok yang digunakan untuk memenuhi *strong column weak beam* yang umum digunakan adalah *precast beam units between column*, *precast beam units through columns*, dan *precast T or cruciform units* (Kristiyanto Hery, 2019).

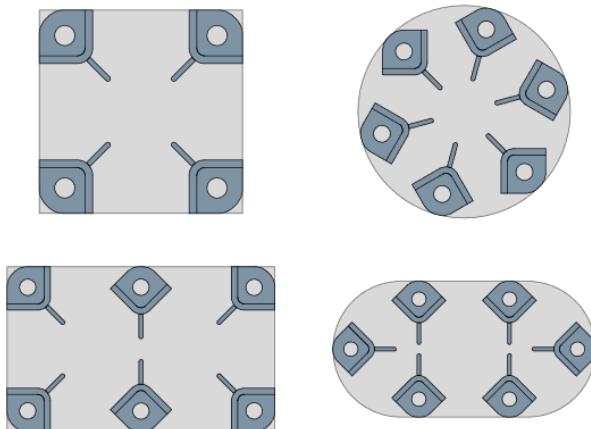


Gambar 2. 3 Sistem Balok Pracetak

(Sumber: Kristiyanto Hery, 2019)

2.4.3 Kolom

Kolom adalah komponen struktur yang menahan beban diatasnya, dimana dapat berupa beban axial dan beban lentur. Pada perencanaan modifikasi struktur kali ini digunakan kolom pracetak dengan pertimbangan waktu penggerjaan dimana kolom pracetak dapat dipasang lebih cepat dibanding kolom cor in-situ.



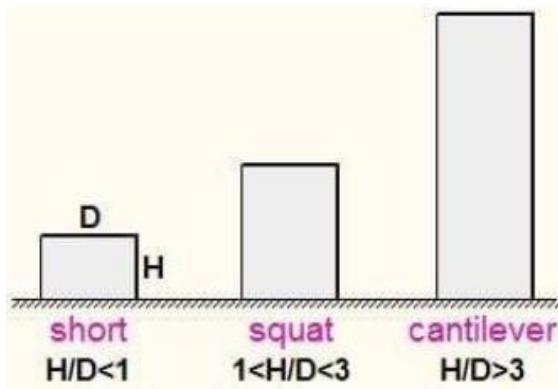
Gambar 2. 4 Kolom Pracetak

(Sumber :*Peikko Technical Manual, 2018*)

2.5 Shear-Wall

Shear-wall adalah dinding geser dari beton yang berfungsi untuk menahan beban lateral dari suatu struktur khususnya struktur tahan gempa. Prinsip dari *shear-wall* itu sendiri adalah berprilaku sebagai balok kantilever vertikal yang mentransfer gaya lateral yang parallel pada dinding dari struktur atas ke pondasi. Berdasarkan rasio tinggi dan lebar shear-wall dibagi menjadi beberapa tipe sebagai berikut:

- *Short shear-wall* ketika $H/D < 1$
- *Squat Shear Wall* ketika $1 < H/D < 3$
- *Cantilever* ketika $H/D > 3$



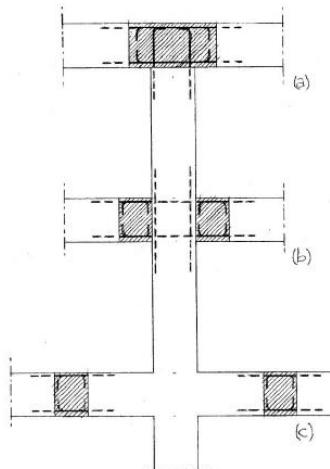
Gambar 2. 5 Penggolongan Shear-wall

(Sumber: Ali Fathalizadeh, 2017)

2.6 Sambungan Beton Pracetak

2.6.1 Sambungan Basah (*wet connection*)

Sambungan basah pada beton pracetak adalah sambungan yang dibuat dengan melakukan pengecoran ditempat. Pengecoran dilakukan dengan sebelumnya menyediakan tempat sambungan yang cukup untuk tulangan *overlapping* dari komponen struktur pracetak yang akan disambung. Metode *cast in-situ* ini dapat dilakukan di beberapa posisi baik diatas kolom, disamping-samping kolom, dan di posisi lain seperti gambar 2.10.



Gambar 2. 6 Sambungan Basah Beton Pracetak

(Sumber: Paolo N dan Giandomenico, 2012)

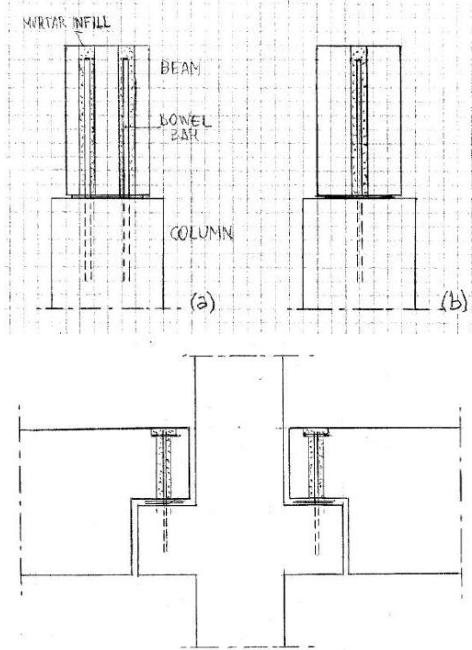
2.6.2 Sambungan Kering (*Dry Connection*)

Sambungan kering pada beton pracerak menggunakan plat baja yang disambungkan dengan elemen pracetak dengan menggunakan baut/las. Sambungan kering memiliki tingkat pengerjaan yang lebih cepat jika dibandingkan dengan sambungan basa (*wet connection*), akan tetapi perlu diperhatikan dalam analisa dan permodelan struktur karena terkadang struktur dapat berprilaku tidak monolit. Beberapa contoh sambungan kering yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

a) Sambungan Dowel

Sambungan dowel adalah sambungan kering yang menggunakan dowel dari batang baja polos sebagai penyambung elemen beton pracetak. Dowel dipasang pada elemen-elemen pracetak lalu ruang yang tersisa diisi

dengan *no-shrinkage mortar* untuk memastikan sambungan yang ada memiliki kekuatan dan kekakuan yang mencukupi.



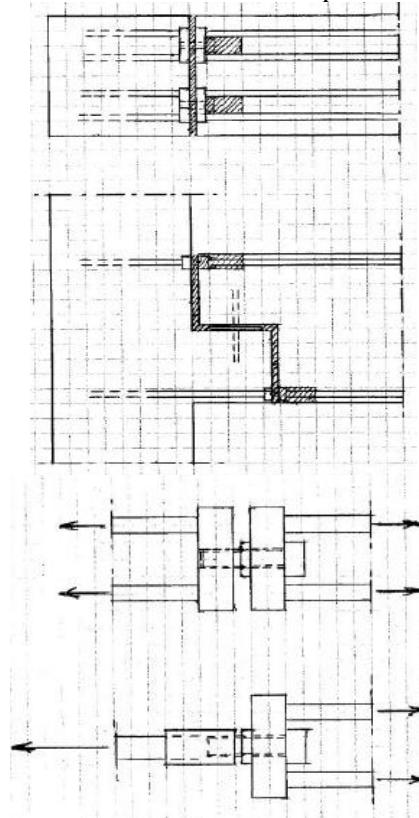
Gambar 2. 7 Sambungan Kering Dowel

(Sumber: Paolo N dan Giandomenico, 2012)

b) Sambungan Baut

Sambungan baut adalah sambungan kering yang menyambung elemen-elemen pracetak dengan menggunakan baut mutu tinggi. Pada ujung elemen pracetak, tulangan longitudinal disambungkan dengan sebuah plat baja, dimana plat baja tersebut nantinya akan disambung dengan plat baja elemen pracetak lainnya dengan menggunakan baut. Lubang yang tersisa nantinya

ditutup dengan menggunakan *no-shrinkage mortar* untuk menjaga kemonolitan dari elemen beton pracetak yang disambung. Pada tugas akhir ini digunakan sambungan baut untuk elemen-elemen beton pracetak.



Gambar 2. 8 Sambungan Kering Baut

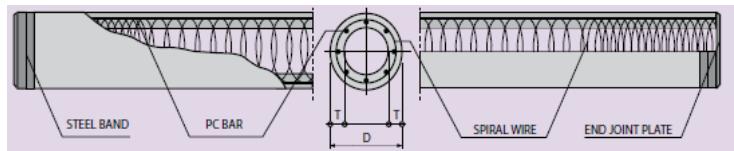
(Sumber: Paolo N dan Giandomenico, 2012)

2.7 Pondasi

Pondasi adalah bagian dari struktur yang menahan beban struktur diatasnya dan menyalurkannya pada tanah atau batuan dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dengan beban struktur diatasnya dan kondisi tanah yang ada. Pondasi biasanya dibagi digolongkan menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*).

Pada tugas akhir ini akan digunakan pondasi dalam berupa tiang pancang. Pondasi tiang pancang adalah jenis pondasi yang digunakan apabila tanah yang berada dibawah struktur tidak mempunyai bearing capacity yang cukup untuk memikul beban struktur diatasnya atau apabila tanah yang memiliki daya dukung yang cukup untuk memikul beban struktur diatasnya berada pada lapisan yang dalam.

Tiang pancang yang digunakan adalah tipe spun pile, spun piles adalah pile pracetak dan prategang dengan hollow dimana ukuranya sekitar 300 hingga 1200 mm yang difabrikasi dengan metode prategang (Candra Irawan, 2014)



Gambar 2.9 Spun Pile

(Sumber: Wika PC PILES Brosur, 2015)

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

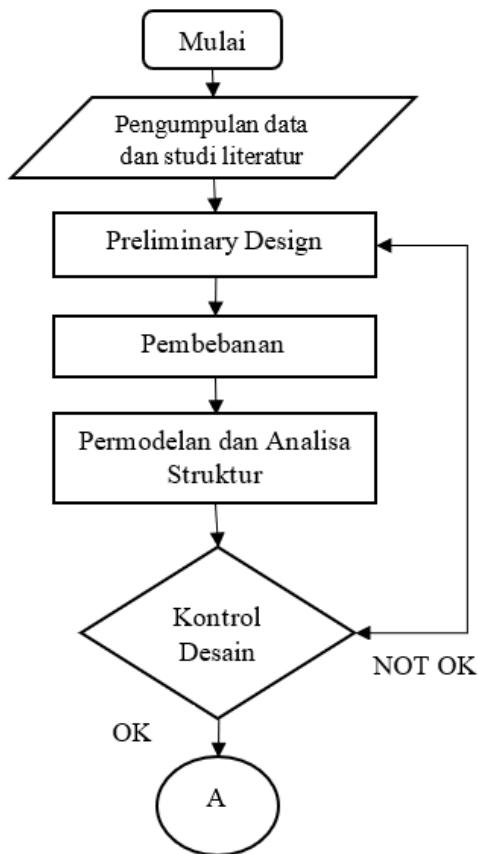
BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Perencanaan modifikasi Gedung Apartemen La Viz menggunakan system pracetak *shear-wall* disusun dengan langkah-langkah pengerjaan sesuai urutan kegiatan yang dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dengan pengumpulan data dan studi literatur sampai penyajian hasil analisa struktur hingga menghasilkan gambar Teknik.

3.2 Diagram Alir Perencanaan





Gambar. 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

3.3 Pengumpulan Data Perencanaan

Data Umum yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Nama Gedung : Gedung Apartemen La Viz
- Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo, Wiyung, Surabaya
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 38
- Struktur utama : Struktur beton bertulang
- Kekuatan tekan beton (f'_c) : 40 MPa
- Tegangan leleh tulangan ulir (f_y) : 500 MPa

- Tegangan leleh tulangan polos (fy) : 280 MPa

Bangunan akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dengan data yang direncanakan sebagai berikut:

- Nama Gedung : Gedung Apartemen La Viz
- Lokasi : Wiyung, Surabaya
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 15
- Struktur utama : Beton pracetak (balok, kolom, pelat)
- Kekuatan tekan beton (f'_c) : 40 MPa
- Tegangan leleh tulangan ulir (fy) : 420 MPa
- Tegangan leleh tulangan Polos (fy) : 280 MPa
- Data tanah : terlampir
- Data gambar struktur : terlampir

Beberapa literatur dan peraturan gedung yang digunakan sebagai berikut:

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013)
- ACI 318-11 *Building Code Requirement for Structural Concrete*
- PCI Handbook 7th Edition. Precast and Prestress Concrete
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebatan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)

3.4 Metode Pelaksanaan

Penggunaan beton pracetak sebagai elemen struktur menyebabkan perlunya peninjauan lebih dari segi metode pelaksanaan. Metode yang umum digunakan dibagi menjadi metode pelaksanaan vertikal dan metode pelaksanaan horizontal. Dalam tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode pelaksanaan horizontal.

3.4.1 Metode Horizontal

Metode pelaksanaan atau proses *erection* secara horizontal adalah pelaksanaan tiap satu lantai lalu sesuai dengan arah horizontal bangunan. Metode ini digunakan pada umumnya untuk struktur bangunan yang terdiri dari kolom pracetak dengan sambungan di tempat-tempat tertentu.



Gambar. 3.2 Sketsa Metode Pelaksanaan Arah Horizontal

3.4.2 Pengangkatan Elemen Pracetak

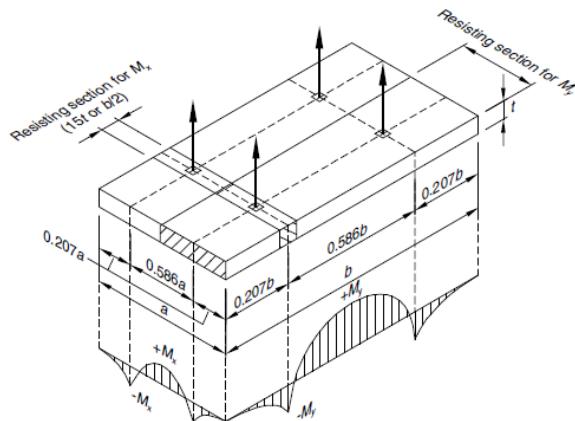
Pada saat elemen beton pracetak diangkat akan terjadi momen pada tengah bentang dan tumpuan angkat akibat beban sendiri, sehingga perlu perencanaan tulangan angkat pada elemen pracetak sesuai dengan momen yang terjadi.

3.4.2.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pengangkatan pelat harus mempertimbangkan jumlah titik dalam proses pengangkatan. Pengangkatan pelat dapat dibagi menjadi empat titik angkat dan delapan titik angkat.

a) Empat Titik Angkat

- M_x ditahan oleh penampang yang memiliki lebar terkecil antara $15t$ atau $b/2$
- M_y ditahan oleh penampang yang memiliki lebar $a/2$
- $+M_x = -M_x = 0.0107wa^2b$
- $+M_y = -M_y = 0.0107wab^2$



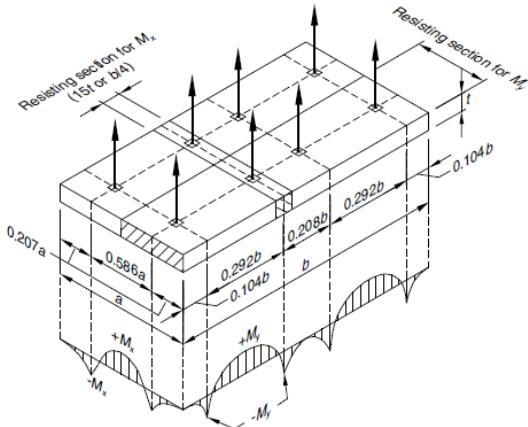
Gambar. 3.3 Pengangkatan Pelat Empat Titik

(Sumber : PCI Design Handbook 7th Edition)

b) Delapan Titik Angkat

- M_x ditahan oleh penampang yang memiliki lebar terkecil antara $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang yang memiliki lebar $a/2$
- $+M_x = -M_x = 0.0054wa^2b$

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

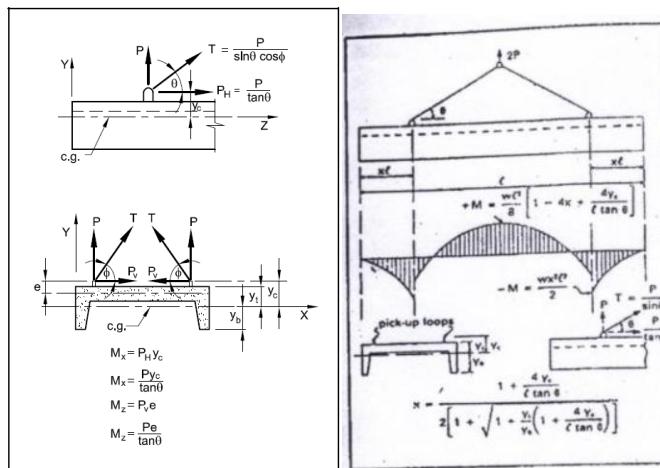


Gambar. 3. 4 Pengangkatan Pelat Delapan Titik Angkat

(Sumber : *PCI Design Handbook 7th Edition*)

3.4.2.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Balok pracetak harus direncanakan untuk tahan pada saat proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan tulangan pengangkatan harus didesain sedemikian rupa sehingga menjamin keamanan ketika proses pengangkatan balok pracetak. Besarnya momen yang terjadi akibat pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar. 3.5 Skema Pengangkatan Balok Pracetak

(Sumber: *PCI Design Handbook 7th Edition*)

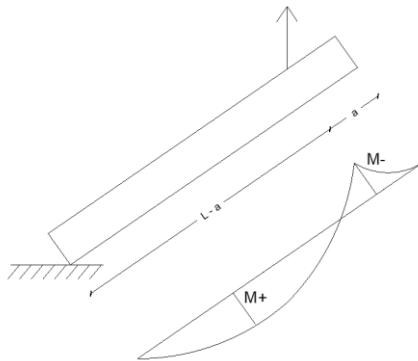
3.4.2.3 Pengangkatan Kolom Pracetak

Pada saat pengangkatan kolom pracetak terjadi momen pengangkatan dengan berat sendiri menjadi beban. Dengan sketsa pengangkatan kolom seperti pada gambar 3.6 didapat kan perhitungan sebagai berikut:

$$M_1 = \frac{1}{2} q a^2$$

$$M_2 = \frac{1}{2} q (L-a) - \left(\frac{\frac{1}{2}L^2 - 2aL}{L-a} \right)^2 = \frac{qL^2 - 2qaL}{2(L-a)}$$

Dengan substitusi M1 dan M2 didapatkan $2a^2 - 4aL + L^2 = 0$, dan setelah jarak “a” ditentukan, pengangkatan balok tersebut dimodelkan dengan program bantu untuk mendapat gaya dalam yang akan digunakan dalam perhitungan tulangan.



Gambar. 3.6 Sketsa Pengangkatan Kolom Pracetak

3.5 Preliminary Desain

Preliminary desain dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal dari elemen-elemen struktur dengan menggunakan acuan dari peraturan yang digunakan. Preliminary desain meliputi preliminary desain struktur sekunder dan juga struktur primer.

3.5.1 Preliminary Desain Balok

Tebal tebal minimum balok non-prategang bila lendutan tidak dihitung terdapat pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut dapat langsung digunakan untuk komponen struktur beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa, sedangkan untuk kondisi lain nilai pada tabel tersebut harus dimodifikasi.

$$h = \frac{L}{16} \quad (3.1)$$

3.5.1 Preliminary Desain Kolom

Preliminary dimensi kolom dihitung dengan membagi beban aksial yang dipikul oleh kolom dengan mutu beton yang digunakan.

$$As = 2x \frac{P}{f'c} \quad (3.2)$$

3.5.1 Preliminary Desain Pelat

Untuk preliminary desain pelat satu arah sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2 dengan menggunakan tabel 9.5(c) dan untuk pelat dua arah sesuai dengan SNI 2847: 2013 pasal 9.5.3.3 persamaan (9-12) dan (9-13).

3.6 Pembebanan

3.6.1 Beban Mati

Beban mati adalah beban oleh berat sendiri struktur ditambah dengan beban mati tambahan, dimana direncanakan sesuai dengan PPIUG-1984 dan SNI 1727:2013

3.6.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang ditimbulkan akibat penggunaan sesuai fungsi struktur. Besarnya beban hidup minimum yang digunakan sesuai dengan SNI 1729:2013 tabel 4-1.

3.6.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban akibat gaya gempa yang terjadi pada struktur sesuai dengan zona wilayah gempa dan kondisi tanah pada daerah tersebut, dimana direncanakan sesuai dengan SNI 1726:2012 meliputi:

- Penentuan wilayah gempa
- Perencanaan respon spektrum
- Gaya geser dasar (*base shear*)

$$V = C_s \times W \quad (3.3)$$

dimana:

$$C_s = \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}} \quad (3.4)$$

C_s = koefisien respon seismik (SNI 1726:2012, Pasal 7.8.1.1)

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

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

I_e = faktor keutamaan hunian (SNI 1726:2012, tabel 6.4)

W = berat seismic efektif menurut SNI 1726:2012, pasal 7.7.2

3.6.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 sebagai berikut:

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

3.7 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder dapat dilakukan secara terpisah karena struktur sekunder hanya meneruskan beban ke struktur utama.

3.7.1 Perencanaan Pelat

3.7.1.1 Perencanaan Tulangan Lentur Pelat

Perencanaan tulangan lentur pelat sesuai dengan diagram alir perencanaan tulangan lentur pada balok. Perhitungan momen yang pekerja pada pelat menggunakan bantuan tabel PBI 1971 tabel 13.3.1.

3.7.1.2 Perencanaan Tulangan Geser Pelat

Perhitungan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.1 dengan persamaan

$$\emptyset V_n \geq V_u \quad (3.9)$$

Dimana:

\emptyset = faktor reduksi kekuatan (= 0.75)

V_n = kuat geser nominal

V_u = gaya geser ultimate

3.7.1.3 Perencanaan Tulangan Susut Pelat

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

3.7.2 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi-rol,dengan syarat yang harus dipenuhi sebagai berikut:

- $60 \text{ cm} < 2.t + I < 65\text{cm}$
- Syarat kemiringan tangga : $20^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$

Untuk penulangan elemen struktur tangga, dilakukan perhitungan tulangan pelat tangga dan pelat bordes yang sesuai dengan perhitungan tulangan pelat.

3.7.3 Perencanaan Balok Anak

Balok anak menerima beban dari pelat yang dihitung sebagai beban ekivalen beban trapezium dan segitiga. Beban ekivalen ini akan digunakan untuk mendapatkan gaya dalam pada balok anak lalu digunakan untuk menentukan tulangan lentur dan geser pada balok anak (perhitungan tulangan longitudinal dan geser seperti perhitungan pada pelat).

3.8 Permodelan Struktur

Permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 v.20 dengan model tiga dimensi dan struktur sekunder yang dimodelkan hanya pelat dan balok anak.

3.9 Kontrol Permodelan Struktur

3.9.1 Kontrol Perioda Fundamental Struktur

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2, perioda fundamental struktur (T), dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental

struktur, T, tidak boleh melebihi Batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari SNI 1726:2012 Tabel 14 dan perioda fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur,, T, diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan 7.8.2.1.

$$T_a < T < C_u T_a \quad (3.5)$$

Dimana:

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

H_n = ketinggian struktur (m)

C_t = koefisien yang ditentukan dari SNI 1726:2012 Tabel 15

X = koefisien yang ditentukan dari SNI 1726:2012 Tabel 15

3.9.2 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1. Analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa actual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

$$\text{Partisipasi massa} > 90\% \quad (3.6)$$

3.9.3 Kontrol Beban Gempa Dinamis

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1. Bila perioda fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. 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 $0.85 V/V_t$.

$$V_{\text{dinamis}} > 0.85 V_{\text{statis}} \quad (3.7)$$

3.9.4 Kontrol Drift Struktur

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.6. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

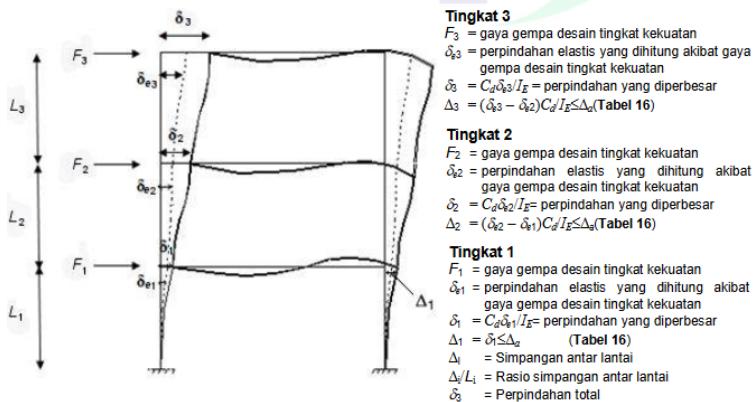
$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.8)$$

Dimana :

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 4.1.2

C_d = faktor amplifikasi defleksi dalam SNI 1726:2012 Tabel 9



Gambar. 3.7 Penentuan Simpangan Antar Lantai

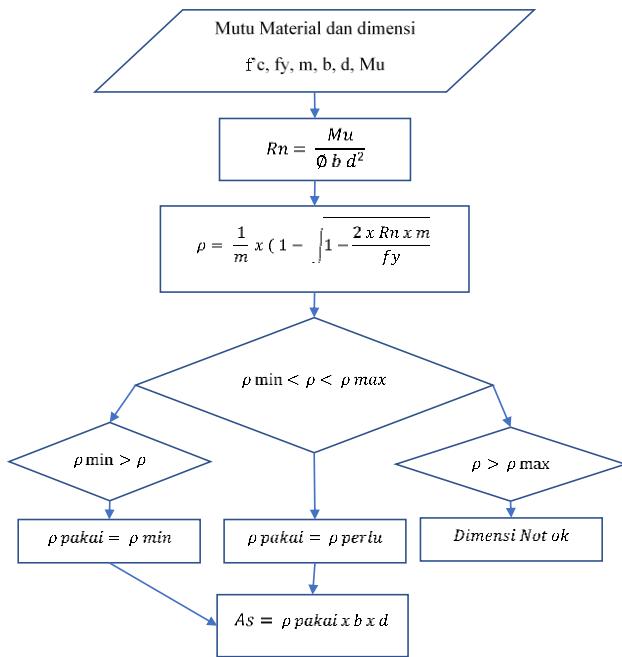
(Sumber : SNI 1726:2012 Gambar 5)

3.10 Perencanaan Struktur Primer

3.10.1 Penulangan Balok

3.10.1.1 Penulangan Lentur Balok

Perencanaan tulangan lentur balok sesuai dengan SNI 2847:2013 adalah seperti pada gambar 3.8



Gambar. 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Lentur

3.10.1.2 Penulangan Geser Balok

Perhitungan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.1 dengan persamaan

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.9)$$

Dimana:

Φ = faktor reduksi kekuatan ($= 0.75$)

V_n = kuat geser nominal

$V_u = \text{gaya geser ultimate}$

Kuat geser nominal (V_n) dihitung dengan persamaan

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.10)$$

Dimana V_c adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton yang dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.2 dan V_s adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser yang dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.4.

3.10.1.3 Penulangan Torsi Balok

Penulangan torsi balok sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5. Perencanaan penulangan torsi harus sesuai syarat $T_u \leq T_n$ sesuai SNI 2847:2013, pasal 11.5.3.6 persamaan 11-21.

3.10.2 Penulangan Kolom

Gaya-gaya dalam pada kolom diperoleh dengan program bantu SAP2000/ETABS, lalu gaya tersebut diinputkan kembali ke program bantu PCACOL untuk membantu menentukan konfigurasi tulangan lenturnya.

3.10.2.1 Perencanaan Tulangan Lentur Kolom

Perencanaan tulangan lentur pada kolom sesuai dengan SNI 2847:2013, pasal 21.6.2 dimana harus sesuai dengan filosofi *Strong Column Weak Beam* dengan syarat:

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb} \quad (3.11)$$

Dimana:

$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

$\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

3.10.2.2 Perencanaan Tulangan Geser Kolom

Perencanaan tulangan geser pada kolom sesuai dengan SNI 2847:2013, pasal 21.6.5.

3.10.3 Perencanaan dan Penulangan *Shear-wall*

3.10.3.1 Perencanaan Kuat Aksial

Perencanaan kuat aksial dari *shear-wall* sesuai dengan SNI 2847:2013, pasal 14.5.2.1

$$\emptyset P_n = 0.55 \emptyset f'c Ag [1 - (\frac{k_{Lc}}{32h})^2] \quad (3.12)$$

Dimana:

Φ = faktor yang berkaitan dengan penampang terkendali tekan sesuai pasal 9.3.2.2

K = faktor panjang efektif sesuai pasal 14.5.2

3.10.3.2 Perencanaan Tebal Dinding

Tebal shear wall dikatakan cukup jika memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 11.9.3 sebagai berikut:

$$V_n = 0.83 \sqrt{f'_c} h d \geq V_u.$$

Dimana:

h = tebal dinding

d = 0.8 Lw (sesuai pasal 11.9.4)

3.10.3.3 Perencanaan Penulangan Geser

Perencanaan geser pada *shear-wall* sesuai dengan SNI 2847:2013, pasal 11.9.9. Tulangan geser pada *shear-wall* direncanakan secara vertikal dan horizontal.

3.11 Perencanaan Sambungan

Sambungan yang digunakan adalah sambungan mekanis dimana digunakan acuan produk dari *Peikko Group Corporation* dan NMB *Splice Sleeve* dengan tambahan grouting agar tercipta sambungan yang monolit. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.14.3.2 tentang sambungan mekanis mensyaratkan bahwa sambungan harus memiliki tegangan leleh 1.25 fy tulangan.

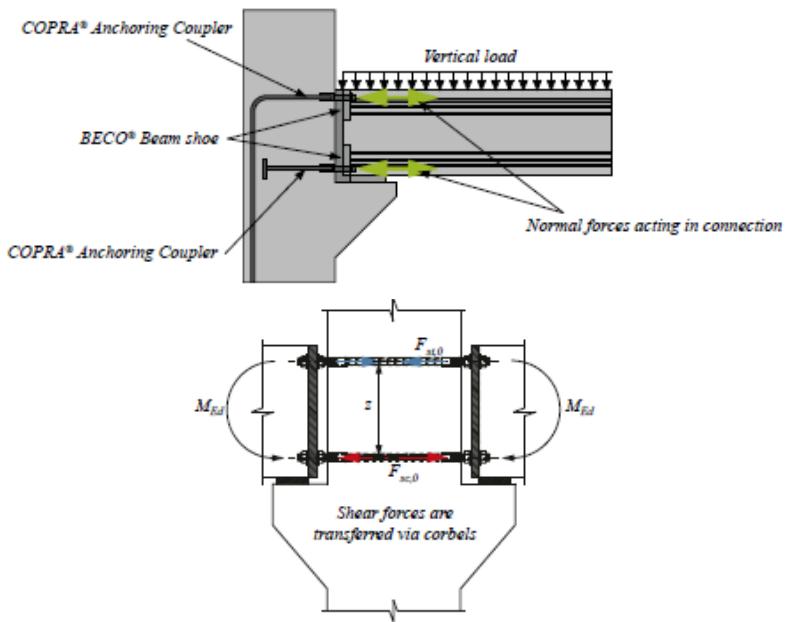
3.11.1 Sambungan Balok-Kolom

Desain dan perhitungan sambungan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.7. Sambungan balok-kolom pada tugas besar ini akan menggunakan produk dari Peikko group yaitu *Modix Rebar Coupler*. Balok dan kolom akan disambung dengan panjang penyaluran pada balok dan kolom dimana panjang penyaluran akan dihitung dalam dua kondisi yaitu tarik dan tekan. Sambungan juga akan dihitung untuk *Single sided* dan *double sided*



Gambar. 3.9 Sambungan Balok-Kolom Produk PEIKKO

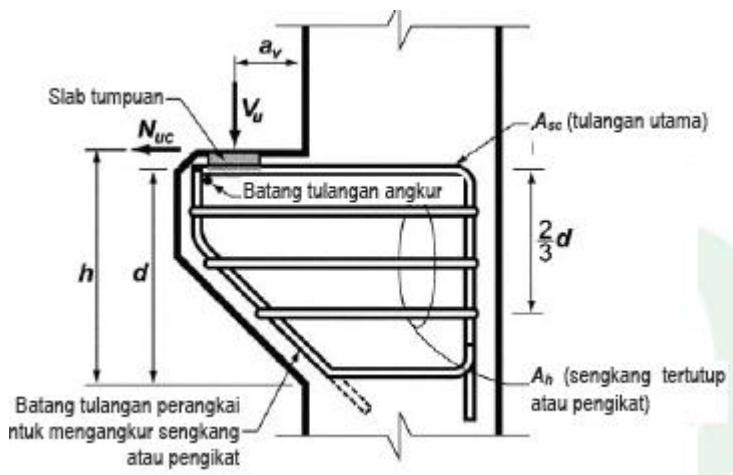
(Sumber: www.peikko.com)



Gambar. 3. 10 Sketsa Sambungan Balok Kolom

(Sumber: www.peikko.com)

Pada sambungan balok-kolom ini juga menggunakan pelat baja pada konsol pendek di kolom. Konsol Pendek direncanakan sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.8.

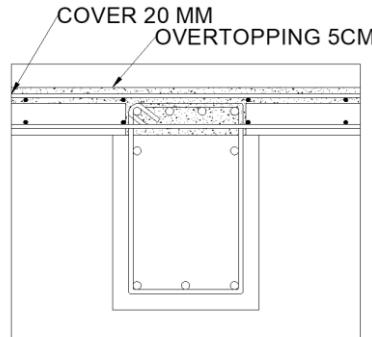


Gambar. 3.11 Perencanaan Konsol Pendek sesuai SNI 2847:13

(Sumber: SNI 2847:2013 Gambar S11.8.2)

3.11.2 Sambungan Balok-Pelat

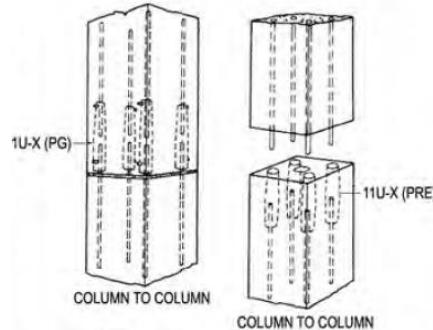
Sambungan balok dan pelat direncanakan dengan menggunakan cor setempat (topping) pada balok dan pelat dan dilakukan grouting pada daerah tumpuan atau bidang kontak pelat pracetak dengan balok pracetak. Untuk memastikan gaya-gaya yang bekerja pada plat pracetak tersalurkan pada elemen balok dengan baik dilakukan pendetailan tulangan melalui panjang penyaluran sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.



Gambar. 3.12 Sketsa Sambungan Balok-Pelat

3.11.3 Sambungan Kolom-Kolom / Kolom-Base Plate

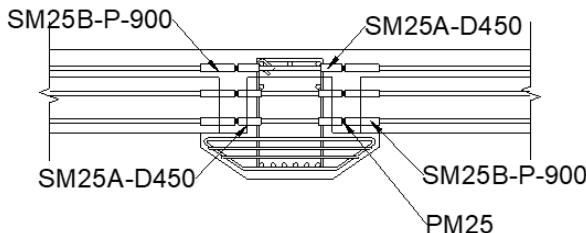
Sambungan kolom-kolom atau kolom-base plate didesain sebagai sambungan kuat sesuai syarat pada SNI 21.8.3. Pada tugas akhir ini sambungan yang digunakan adalah produk dari NMB Splice Sleeve dan dilakukan penambahan *grouting* pada sambungan. Pada penyambungan kolom yang berbeda dimensi dilakukan penyambungan seperti pada kolom yang berdimensi sama namun perlu dilakukan penyesuaian tulangan penyaluran terhadap lubang kolom yang lebih kecil.



Gambar. 3.13 Sambungan Kolom Produk NMB Splice Sleeve

3.11.4 Sambungan Balok Induk-Balok Anak

Balok anak menempel pada tepi balok induk dan untuk membuat integritas struktur terjaga, maka tulangan utama balok anak baik tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau bisa dengan menggunakan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.3 dan 12.5. Dalam perencanaan sambungan ini digunakan konsol pada balok induk dimana perencanaan konsol pada balok ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



Gambar. 3. 14 Sambungan Balok Induk- Balok Anak

3.12 Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi menggunakan pondasi dalam jenis tiang pancang yang merupakan produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) dengan spesifikasi seperti pada lampiran. Perhitungan kekuatan pondasi dan daya dukung tanah berdasarkan data tes tanah yang ada (terlampir).

3.12.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tanah dihitung dengan persamaan dari Luciano Decourt sebagai berikut:

- $Q_L = Q_p + Q_s$
- $Q_p = N_p + K$

- $Q_s = q_s A_s$
- $Q_s = \left(\frac{Ns}{3} + 1\right) A_s$

Dimana:

QL = daya dukung tanah total pada pondasi

Q_p = daya dukung pada dasar pondasi

Q_s = daya dukung akibat gaya lateral

Q_s = tegangan akibat gaya lateral

N = harga SPT

3.12.2 Tekanan Ijin Pada Tiang

Tekanan ijin pada tiang pancang dihitung dengan persamaan

$$P_{ijin\ tiang} = \frac{A\ tiang \times C_n}{SF\ 1} + \frac{JHP}{SF\ 2}$$

Dimana:

SF = Safety factor

C_n = Nilai conus (4D keatas dan 4D kebawah)

JHP = Jumlah Hambatan Lekatan

3.12.3 Jumlah Tiang dan Efisiensi

Jumlah tiang pancang dan jarak antar tiang yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan

$$n = \frac{\sum PU}{P_{ijin}}$$

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

Dimana:

n = jumlah tiang pancang yang diperlukan

s = jarak antar tiang pancang

m = jumlah kolom

n = jumlah baris

Untuk efisiensi tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$\theta = \text{arc tan} \frac{D}{S}$$

3.12.4 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang

Kekuatan tiang pancang harus melebihi dari beban maksimum yang diterima, dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{\max} = \frac{\sum Pu}{n} + \frac{My \times X_{\max}}{\sum x^2} + \frac{Mx \times Y_{\max}}{\sum y^2}$$

P_{ult} = efisiensi tiang x Pu satu berdiri

Kontrol : P_{ult} > P perlu = P max

3.12.4 Kontrol Geser Ponds pada Poer

Perencanaan tebal poer harus memperhitungkan persyaratan kekuatan geser nominal harus lebih besar dari gaya

geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton dihitung dengan persamaan sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.

3.13 Gambar Teknik

Hasil analisa dan perhitungan struktur diatas akan disajikan dalam gambar teknik, dimana dalam tugas akhir ini penggambaran menggunakan program bantu AutoCAD.

3.14 Jadwal Kegiatan

Jadwal rencana kegiatan pengerjaan tugas akhir adalah seperti terlihat pada gambar

Rencana Kegiatan	Minggu Ke-															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Preliminary Design																
Pembebanan																
Perencanaan Struktur Sekunder																
Permodelan dan Analisis Struktur																
Perencanaan Struktur Utama																
Perencanaan Sambungan																
Perencanaan Pondasi																
Pembuatan Gambar Teknik																
Penyusunan Laporan Tugas Akhir																

Gambar. 3. 15 Jadwal Rencana Kegiatan

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Desain

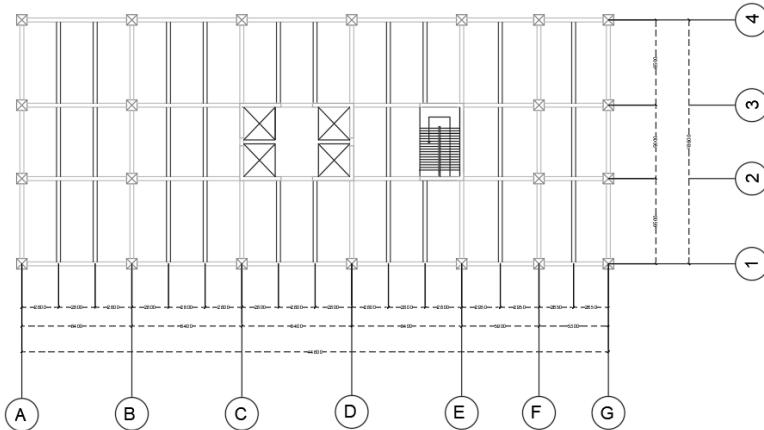
Pada awal desain perencanaan dilakukan proses *preliminary* sesuai dengan SNI 2847:2013. Preliminary desain ini dilakukan untuk perencanaan dimensi awal dari struktur gedung yang akan direncanakan. Preliminary desain pada sub bab ini meliputi preliminary desain balok induk, balok anak, pelat, kolom, dan shear wall. Preliminary desain dilakukan sesuai data-data perencanaan yang telah didapatkan sebelumnya.

4.1.1 Data Umum Pereencanaan

Perencanaan struktur modifikasi gedung apartemen La Viz dengan beton pracetak menggunakan shearwall dilakukan dengan data-data sebagai berikut:

4.1.1.1 Data Umum Bangunan

- Nama gedung : Gedung Apartemen La Viz
- Lokasi : Wiyung, Surabaya
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah Lantai : 15
- Tinggi gedung : ± 50.5 m
- Struktur Utama : Beton pracetak
- Mutu beton : 40 MPa
- Mutu baja : 420 MPa
- Data tanah : (terlampir)



Gambar. 4. 1 Denah Struktur

4.1.1.2 Pembebanan

a) Beban Mati

- Beton bertulang :2400 kg/m²
- Dinding bata ringan :200 kg/m²
- Plafon dan penggantung :18 kg/m²
- Tegel :24 kg/m²
- Spesi (2cm) :48 kg/m²
- Ducting dan Plumbing :30 kg/m²
- Keramik lantai :24 kg/m²

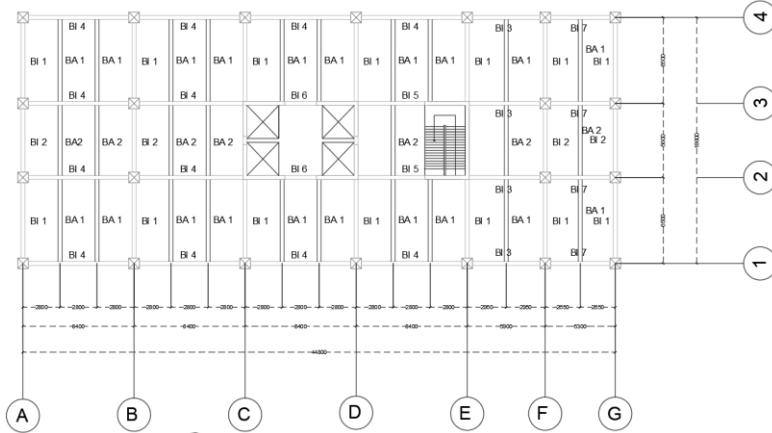
b) Beban Hidup

- Lantai Apartemen :192 kg/m²
- Lantai Atap :96 kg/m²

c) Beban Gempa

Perencanaan gempa sesuai dengan SNI 1726:2012 dengan menggunakan data gempa pada lokasi gedung dan data tanah yang telah terlampir.

4.1.2 Preliminary Desain Balok Induk



Gambar. 4. 2 Denah Balok

Preliminary desain balok induk menggunakan tabel pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 untuk tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung pada tabel 9.5(a) dengan mengambil nilai balok tertumpu sederhana.

Preliminary desain balok induk menggunakan:

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

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

Dimana:

L = Bentang balok (m)

h = Tinggi balok (m)

b = Lebar balok (m)

Contoh perhitungan preliminary balok induk:

- Balok induk 1 (BI 1)

$$L = 6.5 \text{ m}$$

$$h_{\min} = \frac{6.5}{16} = 0.406 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = 0.270 \text{ m}$$

Sehingga digunakan lebar 0.7 m dan lebar 0.45 m untuk balok induk 1 (BI 1). Rekapitulasi *preliminary* desain untuk balok induk dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Desain Balok Induk

	Panjang (L) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi Pakai (mm)	Lebar Pakai (mm)	Dimensi (cm)
BI 1	6500	406.3	270.8	700	450	70/45
BI 2	5600	350.0	233.3	600	400	60/40
BI 3	5900	368.8	245.8	600	400	60/40
BI 4	8400	525.0	350.0	700	450	70/45
BI 5	5300	331.3	220.8	600	400	60/40
BI 6	2400	150.0	100.0	600	400	60/40
BI 7	5300	331.3	220.8	600	400	60/40

4.1.3 Preliminary Desain Balok Anak

Preliminary desain balok anak menggunakan tabel pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 untuk tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung pada tabel 9.5(a).

Preliminary desain balok anak menggunakan:

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

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

Dimana:

L = Bentang balok (m)

h = Tinggi balok (m)

b = Lebar balok (m)

Contoh perhitungan *preliminary* balok induk:

- Balok anak 1 (BA 1)

$$L = 6.5 \text{ m}$$

$$h_{\min} = \frac{6.5}{21} = 0.309 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = 0.206 \text{ m}$$

Sehingga digunakan lebar 0.45 m dan lebar 0.3 m untuk balok anak 1 (BA 1). Rekapitulasi *preliminary* desain untuk balok induk dapat dilihat pada tabel 4.2.

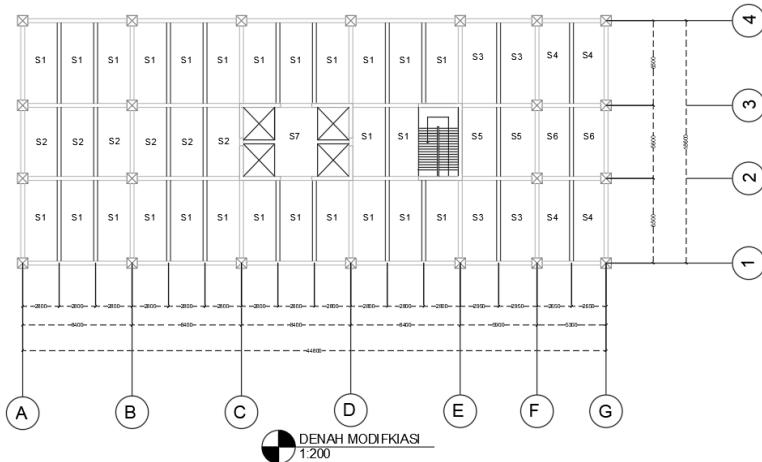
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Preliminary Balok Anak

	Panjang (L) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi Pakai (mm)	Lebar Pakai (mm)	Dimensi (cm)
BA 1	6500	309.5	206.3	450	300	45/30
BA 2	5600	266.7	177.8	450	300	45/30

4.1.4 Preliminary Desain Pelat

Preliminary pelat dilakukan untuk 2 jenis pelat lantai yaitu:

- Pelat lantai satu arah dengan rasio sisi panjang dan sisi lebar ≥ 2
- Pelat lantai dua arah dengan rasio sisi panjang dan sisi lebar < 2



Gambar. 4. 3 Denah Pelat Lantai

Contoh perhitungan pelat lantai tipe S1:

$$Lx = 6500 \text{ mm}$$

$$Ly = 2800 \text{ mm}$$

$$b \text{ balok arah } x = 450 \text{ mm}$$

b balok arah y = 450 mm

$$Ln = Lx - b \text{ balok arah x}$$

$$= 6500 - 450$$

$$= 6050 \text{ mm}$$

$$Sn = Ly - b \text{ balok arah y}$$

$$= 2800 - 450$$

$$= 2350 \text{ mm}$$

$$\text{Rasio} = \frac{Ln}{Sn}$$

$$= \frac{6050}{2350}$$

$$= 2.57$$

Karena rasio > 2 maka termasuk pelat satu arah.

Rekapitulasi penentuan tipe plat dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Perhitungan Tipe Plat

	X (mm)	Y (mm)	b balok X (mm)	b balok Y (mm)	Ln (mm)	Sn (mm)	Sn/Ln	Tipe Plat
S1	6500	2800	450	450	6050	2350	2.574	SATU ARAH
S2	5600	2800	400	450	5200	2350	2.213	SATU ARAH
S3	6500	2950	450	400	6050	2550	2.373	SATU ARAH
S4	6500	2650	450	400	6050	2250	2.689	SATU ARAH
S5	5600	2950	400	400	5200	2550	2.039	SATU ARAH
S6	5600	2650	400	400	5200	2250	2.311	SATU ARAH
S7	5600	2800	0	400	5600	2400	2.333	SATU ARAH

Pelat lantai yang direncanakan merupakan pelat lantai satu arah maka dari itu, perhitungan dimensi pelat berdasarkan ketebalan

minimum sesuai persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 dari tabel 9.5(a).

$$Tp \min = \frac{L}{20}$$

Untuk pelat S1:

$$Ln = 6050 \text{ mm}$$

$$Sn = 2350 \text{ mm}$$

$$Tp \min = \frac{2350}{20}$$

$$= 117.5 \text{ mm} \sim 150 \text{ mm}$$

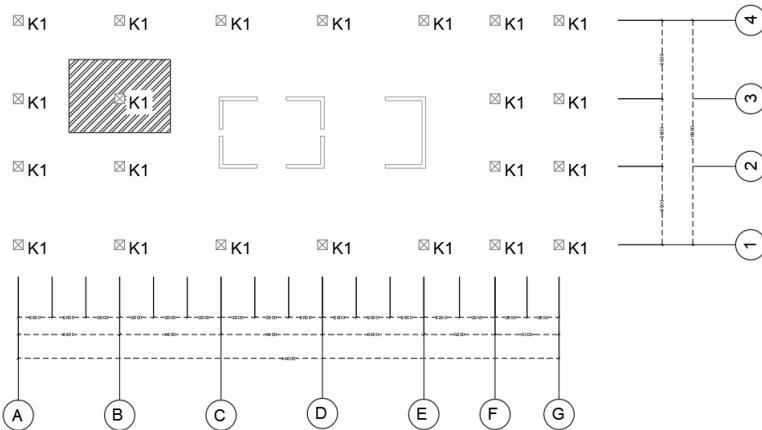
Maka tebal pelat direncakan 15 cm untuk semua tipe pelat lantai dan pelat atap. Rekapitulasi perhitungan tebal minimum dan tebal pakai pelat dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai

	Ln (mm)	Sn (mm)	Tebal Plat (mm)	Tebal Pakai (mm)
S1	6050	2350	117.5	150
S2	5200	2350	117.5	150
S3	6050	2550	127.5	150
S4	6050	2250	112.5	150
S5	5200	2550	127.5	150
S6	5200	2250	112.5	150
S7	5600	2400	120.0	150

4.1.5 Preliminary Desain Kolom

Kolom direncanakan untuk mampu memikul kombinasi dari beban aksial terfaktor dari semua lantai diatasnya dan momen maksium yang terjadi pada kolom tersebut.



Gambar. 4. 4 Denah Kolom Struktur

Kolom yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 4.5, dimana luasan yang harus dipikul memiliki dimensi 8.2×6.05 m. Perencanaan kolom dilakukan untuk tiap jenis lantai dengan data ketinggian sebagai berikut:

$$\text{Tinggi kolom lantai dasar – lantai 5} = 3.7 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom lantai 6 – lantai 10} = 3.2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom lantai 11 – lantai 15} = 3.2 \text{ m}$$

Pembebanan pada kolom menggunakan SNI 1727:2013 untuk beban mati dan beban hidup sesuai dengan luasan *tributary*

kolom. Berikut adalah perhitungan pembebanan dan perencanaan dimensi awal untuk masing-masing tipe kolom:

Tabel 4. 5 Tabel Beban Lantai Kolom Lantai 11-Atap

Kolom Lantai 11- Atap						
Beban Lantai						
Beban Mati						
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Berat Jenis (kg/m ³)	Beban per luas (kg/m ²)	Berat (kg)
Balok Induk						
-BI 1	3.25	0.45	0.7	2400		2457
-BI 2	2.8	0.4	0.6	2400		1612.8
-BI 4	8.4	0.45	0.7	2400		6350.4
Balok Anak	12.1	0.3	0.45	2400		3920.4
Pelat	8.4	6.05	0.15	2400		18295.2
Kolom	3.2	0.6	0.6	2400		2764.8
Plafond	8.4	6.05			11	559.02
Penggantung	8.4	6.05			7	355.74
Ducting + Plumbing	8.4	6.05			30	1524.6
Spesi (2cm)	8.4	6.05	0.02	2200		2236.08
Keramik Lantai	8.4	6.05			24	1219.68
Dinding (bata ringan)	14.25		3.2		200	9120
Total Beban Mati =						50415.7

Beban Hidup					
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Beban per luas (kg/m ²)	Total Beban (kg)
Beban Hidup Apartemen	8.4	6.05		192	9757
Koefisien reduksi =					0.7
Total Beban Hidup =					6830
Total Beban Mati + Hidup (1.2D + 1.6 L) =					71427

Tabel 4. 6 Beban Total Kolom Atap

Beban Atap						
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Berat Jenis (kg/m3)	Beban per luas (kg/m2)	Berat (kg)
Balok Induk						
-BI 1	3.25	0.45	0.7	2400		2457
-BI 2	2.8	0.4	0.6	2400		1612.8
-BI 4	8.4	0.45	0.7	2400		6350.4
Balok Anak	6.05	0.3	0.45	2400		1960.2
Pelat	8.4	6.05	0.15	2400		18295.2
Plafond	8.4	6.05			11	559.02
Penggantung	8.4	6.05			7	355.74
Ducting + Plumbing	8.4	6.05			30	1524.6
Spesi (2cm)	8.4	6.05	0.02	2200		2236.08
Total Beban Mati =						35351

Beban Hidup					
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Beban per luas (kg/m2)	Total Beban (kg)
Beban Hidup Apartemen	8.4	6.05		96	4879
Koefisien reduksi =					0.7
Total Beban Hidup =					3415
Total Beban Mati + Hidup (1.2D + 1.6 L) =					47885
Total Beban Lantai 15-11 =					333594

$$A = \sqrt{\frac{3 \times W}{f'c}}$$

$$A = \sqrt{\frac{3 \times 333594}{400}}$$

$$= 2550 \text{ cm}^2$$

b kolom = h kolom

$$b = \sqrt{2550}$$

$$= 50.5 \text{ cm}$$

$$b \text{ pakai} = 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom untuk lantai 11 – atap menggunakan dimensi 60x60 cm

Tabel 4. 7 Beban Total Kolom Lantai 6 – Lantai 10

Kolom Lantai 6-10						
Beban Lantai						
Beban Mati						
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Berat Jenis (kg/m3)	Beban per luas (kg/m2)	Berat (kg)
Balok Induk						
-BI 1	3.25	0.45	0.7	2400		2457
-BI 2	2.8	0.4	0.6	2400		1612.8
-BI 4	8.4	0.45	0.7	2400		6350.4
Balok Anak	6.05	0.3	0.45	2400		1960.2
Pelat	8.4	6.05	0.15	2400		18295.2
Kolom	3.2	0.6	0.6	2400		2764.8
Plafond	8.4	6.05			11	559.02
Penggantung	8.4	6.05			7	355.74
Ducting + Plumbing	8.4	6.05			30	1524.6
Spesi (2cm)	8.4	6.05	0.02	2200		2236.08
Keramik Lantai	8.4	6.05			24	1219.68
Dinding (bata ringan)	14.25		3.2		200	9120
Total Beban Mati =						48455.5

Beban Hidup					
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Beban per luas (kg/m2)	Total Beban (kg)
Beban Hidup Apartemen	8.4	6.05		192	9757
				Koefisien reduksi =	0.7
				Total Beban Hidup =	6830
				Total Beban Mati + Hidup (1.2D + 1.6 L) =	69075
				Total Beban kolom Lantai 6-10 =	678969

$$A = \sqrt{\frac{3 \times W}{f'c}}$$

$$A = \sqrt{\frac{3 \times 678969}{400}}$$

$$= 5191 \text{ cm}^2$$

b kolom = h kolom

$$b = \sqrt{5191}$$

$$= 72.48 \text{ cm}$$

b pakai = 75 cm

Maka direncanakan kolom untuk lantai 6 – lantai 11 menggunakan dimensi 75x75 cm

Tabel 4. 8 Beban Total Kolom Lantai 1 – Lantai 5

Kolom Lantai 1-5						
Beban Lantai						
Beban Mati						
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Berat Jenis (kg/m ³)	Beban per luas (kg/m ²)	Berat (kg)
Balok Induk						
-BI 1	3.25	0.45	0.7	2400		2457
-BI 2	2.8	0.4	0.6	2400		1612.8
-BI 4	8.4	0.45	0.7	2400		6350.4
Balok Anak	6.05	0.3	0.45	2400		1960.2
Pelat	8.4	6.05	0.15	2400		18295.2
Kolom	3.7	0.6	0.6	2400		3196.8
Plafond	8.4	6.05			11	559.02
Penggantung	8.4	6.05			7	355.74
Ducting + Plumbing	8.4	6.05			30	1524.6
Spesi (2cm)	8.4	6.05	0.02	2200		2236.08
Keramik Lantai	8.4	6.05			24	1219.68
Dinding (bata ringan)	14.25		3.2		200	9120
Total Beban Mati =						48887.5

Beban Hidup					
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Beban per luas (kg/m ²)	Total Beban (kg)
Beban Hidup Apartemen	8.4	6.05		192	9757
Koefisien reduksi =					0.7
Total Beban Hidup =					6830
Total Beban Mati + Hidup (1.2D + 1.6 L) =					69593
Total Beban kolom Lantai 1-5 =					1026936

$$A = \sqrt{\frac{3 \times W}{f'c}}$$

$$A = \sqrt{\frac{3 \times 1026936}{400}}$$

$$= 7851 \text{ cm}^2$$

b kolom = h kolom

$$b = \sqrt{7851}$$

$$= 89 \text{ cm}$$

b pakai = 90 cm

Maka direncanakan kolom untuk lantai 6 – lantai 11 menggunakan dimensi 90 x 90 cm

4.1.6 Preliminary Desain *Shearwall*

Dinding geser direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 dengan data perencanaan sebagai berikut:

- Tebal rencana dinding geser (T_{sw}) = 30 cm
- Panjang dinding (L) = 560 cm
- Tinggi dinding geser lt 1 – 5 (H) = 320 cm
- Tinggi dinding geser lt 6 – atap (H) = 370 cm
- Syarat
 - $T_{sw} \geq H / 25$

$$T_{sw} \geq 370 / 25 = 14.8 \text{ cm (OKE !!)}$$

$$\circ \quad T_{sw} \geq L / 25$$

$$T_{sw} \geq 560 / 25 = 22.4 \text{ cm (OKE!!)}$$

Jadi dinding geser dengan tebal 30 cm dapat digunakan karena telah memenuhi syarat SNI 2847:2013

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

Pada subbab ini akan membahas perencanaan struktur sekunder dimana struktur tidak direncanakan untuk menahan beban secara keseluruhan tetapi hanya beban pada struktur tersebut. Struktur sekunder dari gedung Apartemen La Viz meliputi pelat, balok anak, dan tangga.

4.2.1 Perencanaan Pelat

Pada perencanaan pelat akan merencanakan pelat lantai dan pelat atap, tetapi untuk meningkatkan efisiensi kinerja dari metode beton pracetak akan direncanakan pelat atap yang sama dengan pelat lantai. Pelat yang direncanakan terbagi menjadi 7 tipe dan akan dibagi menjadi beberapa segmen untuk mempermudah proses pelaksanaan dilapangan.

Pelat akan direncanakan dalam tiga keadaan yaitu saat pengangkatan sebelum komposit dan setelah komposit.

- Perencanaan Pelat Saat Pengangkatan

Perencanaan saat pengangkatan dilakukan ketika pelat masih berupa elemen pracetak dan akan dilakukan pemasangan dilapangan. Pengangkatan direncanakan dilakukan dengan kuat tekan rencana yang digunakan adalah pada hari ketujuh yaitu 26 MPa.

- Perencanaan Pelat Saat Sebelum Komposit

Perencanaan sebelum komposit adalah ketika akan dilakukan pengecoran *overtopping* pada plat pracetak. Pelat pracetak belum menyatu dan *topping* dan perletakkan masing diasumsikan perletakan sendi rol.

- Perencanaan Pelat Saat Setelah Komposit

Perencanaan setelah komposit adalah ketika pelat pracetak dan *overtopping* sudah menyatu dalam memikul beban kerja yang ada.

Pada subbab berikutnya akan dilakukan contoh perhitungan pelat untuk tipe S1 sebagai berikut:

4.2.1.1 Data Perencanaan Pelat

Pada perencanaan pelat lantai digunakan data-data untuk perhitungan sebagai berikut:

- Tebal Plat = 10 cm
- Tebal overtopping = 5 cm
- Total Tebal = 15 cm
- Mutu beton = 40 Mpa
- Mutu Baja = 420 MPa
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Tebal Selimut = 20 mm

4.2.1.2 Pembebanan Pelat

- Sebelum Komposit
 - Beban mati

$$\text{Berat sendiri} = 0.10 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Overtopping} = 0.05 \times 2400 = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total } q_d = 360 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup

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

$$\text{Total } q_L = 100 \text{ kg/m}^2$$

- Kombinasi Pembebanan

$$q_u = 1.2 D + 1.6 L$$

$$q_u = 1.2 (360) + 1.6 (100) \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 592 \text{ kg/m}^2$$

- Setelah Komposit

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri} = 0.15 \times 2400 = 264 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon} = 7 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung} = 11 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (2cm)} = 44 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting & plumbing} = 30 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total } q_D = 476 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup

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

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

- Kombinasi Pembebanan

$$q_u = 1.2 D + 1.6 L$$

$$q_u = 1.2 \times 476 + 1.6 \times 192 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 878.4 \text{ kg/m}^2$$

4.2.1.3 Penulangan Pelat

Penulangan pelat dihitung pada tiga kondisi yaitu sebelum komposit, setelah komposit, dan saat pengangkatan. Dari ketiga kondisi tersebut digunakan penulangan dengan kondisi paling kritis. Perhitungan penulangan pelat akan dilakukan untuk masing-masing tipe pelat. Berikut ini merupakan contoh perhitungan penulangan pelat tipe S1 dengan dimensi bersih 6.05 x 2.35 m

Batasan nilai penulangan menggunakan rasio batas sesuai dengan SNI 2847:2013 adalah sebagai berikut:

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

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$

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

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

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

$$\rho_b = 0.0364$$

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

$\rho_{\max} = 0.0273$

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

- Perhitungan Momen Pelat

- Sebelum Komposit

Pada pelat tipe S1 merupakan pelat satu arah sehingga momen pada pelat dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$M = \frac{1}{8} \times 592 \times 2.35^2$$

$$M = 408.65 \text{ kgm}$$

- Setelah Komposit

Setelah komposit momen dihitung dengan menggunakan persamaan dan koefien-koefisien dari PBI 1974 tebel 13.3.1 untuk rasio plat 2.6 didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Mtx = 0.001 \times q \times lx^2 \times X$$

$$Mlx = 0.001 \times q \times lx^2 \times X$$

$$Mty = 0.001 \times q \times lx^2 \times X$$

$$Mly = 0.001 \times q \times lx^2 \times X$$

Dengan X untuk momen lapangan dan tumpuan X adalah 63 dan untuk arah y adalah 13 untuk lapangan dan 38 untuk tumpuan.

$$Mutx(-) = 0.001 q x lx^2 x X$$

$$Mutx(-) = 0.001 x 878.4 x 6.05^2 x 63$$

$$Mutx(-) = 2025.6 \text{ kg.m}$$

$$Mulx(+) = Mutx = 2025.6 \text{ kg.m}$$

$$Muly(+) = 0.001 q x lx^2 x X$$

$$Muly(+) = 0.001 x 878.4 x 6.05^2 x X$$

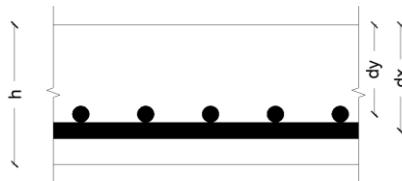
$$Muly(+) = 418 \text{ kg.m}$$

$$Muty(-) = 0.001 q x lx^2 x X$$

$$Muty(-) = 0.001 x 878.4 x 6.05^2 x X$$

$$Muly(-) = 1221.8 \text{ kg.m}$$

- Penulangan Sebelum Komposit



$$dx = h_{\text{sebelum komposit}} - d' - 0.5 d_b$$

$$\begin{aligned} dx &= 100 - 20 - 0.5 \times 13 \\ &= 73.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h_{\text{sebelum komposit}} - d' - d_b - 0.5 d_b \\ &= 100 - 20 - 13 - 0.5 \times 13 \\ &= 60.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Penulangan Arah X

$$d_x = 73.5 \text{ mm}$$

$$M_u = 347.92 \text{ kgm} = 40866505 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \emptyset$$

$$\emptyset = 0.9 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1)}$$

$$M_n = 5108312.5 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{5108312.5}{1000 \times 73.5^2} \\ &= 0.946 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 0.946}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00228$$

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

$$0.00228 > 0.0018$$

Sehingga digunakan $\rho = 0.00228$

$$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d$$

$$= 0.00228 \times 1000 \times 73.5$$

$$= 167.8 \text{ mm}^2$$

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

$$A_s (\text{D13}) = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$A_s (\text{D13}) = 132.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{As \text{ perlu}}{As (\text{D13})}$$

$$= 1.265$$

$$= 2 \text{ tulangan}$$

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

$$= \frac{1000}{2}$$

$$= 500 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$S_{\max} = 3 \times t_p$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan lentur untuk arah X D13 - 300 mm

- Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y karena tipe pelat S1 merupakan pelat satu arah maka dipasang tulangan minimal susut suhu sesuai dengan (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$d_y = 60.5 \text{ mm}$$

$$\rho = 0.0018$$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho \text{ Pakai } x b \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 60.5 \\ &= 108.9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$A_s (\text{D13}) = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$A_s (\text{D13}) = 132.7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (\text{D13})} \\ &= 2 \text{ tulangan} \\ S &= \frac{1000}{n} \\ &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

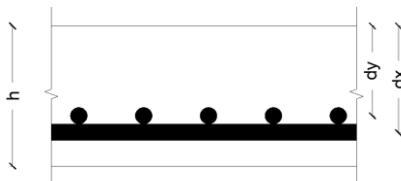
Syarat jarak tulangan menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 3 \times t_p \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

**Maka digunakan tulangan lentur untuk arah Y D13
-300 mm**

- Penulangan Setelah Komposit



$$dx = h_{\text{sebelum komposit}} - d' - 0.5 d_b$$

$$\begin{aligned} dx &= 150 - 20 - 0.5 \times 13 \\ &= 123.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h_{\text{sebelum komposit}} - d' - d_b - 0.5 d_b \\ &= 150 - 20 - 13 - 0.5 \times 13 \\ &= 110.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Penulangan Arah X

$$dx = 123.5 \text{ mm}$$

$$M_u = 2025.55 \text{ kgm} = 20255531 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$\phi = 0.9 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1)}$$

$$M_n = 25319413.35 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{25319413.35}{1000 \times 123.5^2} \\
 &= 1.66 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.66}{0.85 \times 40}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= 0.00405
 \end{aligned}$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00405$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.00405 \times 1000 \times 103.5 \\
 &= 500.9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$A_s(D13) = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$A_s(D13) = 132.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s(D13)}$$

$$= 4.55$$

= 5 tulangan

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

$$= \frac{1000}{5}$$

$$= 200 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$S_{\max} = 3 \times t_p$$

$$= 450 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan lentur untuk arah X D13 - 200 mm.

Kontrol regangan batas:

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times b \times f'c}$$

$$= \frac{530.66 \times 420}{0.85 \times 1000 \times 40}$$

$$= 6.55 \text{ mm}$$

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

$$= 8.57$$

$$\varepsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0.003$$

$$= 0.0402 > 0.005 (\text{OKE!!})$$

- Penulangan Arah Y

$$dy = 110.5 \text{ mm}$$

$$Mu = 417.97 \text{ kgm} = 4179712.7 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu/\emptyset$$

$$\emptyset = 0.9 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1)}$$

$$Mn = 5224640.85 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{5224640.85}{1000 \times 110.5^2} \\ &= 0.638 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 0.638}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00153$$

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

$$0.00153 < 0.0018$$

Sehingga digunakan $\rho = 0.0018$

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{Pakai}} x b x d$$

$$= 0.0018 x 1000 x 90.5$$

$$= 162.9 \text{ mm}^2$$

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

$$A_s (\text{D13}) = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$A_s (\text{D13}) = 132.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{As \text{ perlu}}{As (\text{D13})}$$

$$= 1.22$$

$$= 2 \text{ tulangan}$$

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

$$= 500 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$S_{\max} = 3 \times t_p$$

$$= 450 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan lentur untuk arah Y D13 - 400 mm

- Penulangan saat Pengangkatan

$$W = T_p \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0.11 \times 2400$$

$$= 264 \text{ kg/m}^2$$

$$a = 2.35 \text{ m}$$

$$b = 2.0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Arah x (Mx)} &= 0.0107 w a^2 b \\ &= 0.0107 \times 264 \times 2.35^2 \times 2 \\ &= 31.46 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Arah y (My)} &= 0.0107 w a b^2 \\ &= 27 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mx = 52.1 \text{ kgm}$$

$$My = 47.64 \text{ kgm}$$

- Penulangan Angkat Arah X

$$M_{ux} = 52.10 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{0.9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{521000}{0.9 \times 1000 \times 63.5^2} \\ &= 0.087 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0.087}{0.85x40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00021$$

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

$$0.00021 < 0.0018$$

Sehingga digunakan $\rho = 0.0018$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 63.5 \\ &= 114.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$A_s(D13) = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$A_s(D13) = 132.7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s(D13)} \\ &= 0.86 \\ &= 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Syarat jarak tulangan menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 3 \times t_p \\ &= 330 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

Maka digunakan tulangan saat pengangkatan arah X D13-300 mm

- Penulangan Angkat Arah Y

$$M_{UX} = 47.64 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{0.9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{476400}{0.9 \times 1000 \times 50.5^2} \\ &= 0.208 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.087}{0.85 \times 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0005$$

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

$$0.0005 < 0.00376$$

Sehingga digunakan $\rho = 0.00376$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d$$

$$= 0.00376 \times 1000 \times 63.5$$

$$= 239.053 \text{ mm}^2$$

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

$$As(D13) = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$As(D13) = 132.7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{As \text{ perlu}}{As(D13)} \\ &= 1.8 \\ &= 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Syarat jarak tulangan menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

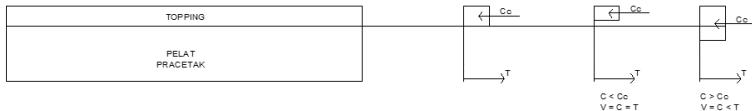
$$\begin{aligned} S_{\max} &= 3 \times tp \\ &= 330 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

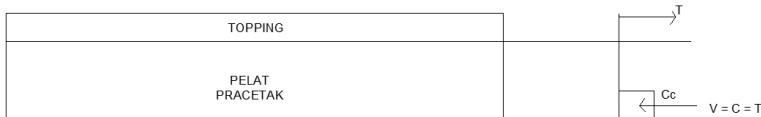
Maka digunakan tulangan saat pengangkatan arah Y D13-300 mm

4.2.1.4 Perencanaan Stud Pelat

Stud direncanakan sebagai pengikat antar elemen dan transfer gaya horizontal antara elemen plat pracetak dengan overtopping. Gaya geser horizontal yang terjadi pada penampang komposit terdapat dua tipe yaitu gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan overrtopping dan gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan beton cor di tempat.



Gambar. 4. 5 Sketsa Gaya Pada Stud Untuk Momen Positif



Gambar. 4. 6 Sketsa Gaya Pada Stud Untuk Momen Negatif

$$C = T$$

$$0.85 \times f'_c \times a \times b = As \times f_y$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{663.33 \times 420}{0.85 \times 40 \times 1000}$$

= 8.19 mm, sehingga $C < C_c$

$$C_c = 0.85 \times f_c \times A_{overtopping}$$

$$= 0.85 \times 40 \times 40 \times 1000$$

$$= 1360000 \text{ N}$$

Stud direncanakan menggunakan diameter 13 mm

$$A_s = 132.65 \text{ mm}^2$$

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

$$= A_s \times f_y$$

$$= 132.65 \times 420$$

$$= 55719.3 \text{ N}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 17.5.3.2, bila pengikat minimum disediakan dan permukaan kontak bersih dan bebas kapur permukaan (laitance), tetapi tidak dengan segaja dikasarkan maka V_{nh} tidak boleh diambil lebih besar dari $0.55 b_v d$.

$$\begin{aligned} 0.55 A_c &= 0.55 \times b \times d \\ &= 0.55 \times 1000 \times 103.5 \\ &= 56925 \text{ N} \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 17.6.1 luas pengikat dan spasi pengikat tidak boleh melebihi sebagai berikut:

$$S_{\max 1} = 4 \times T_p \text{ terkecil}$$

$$= 200 \text{ mm}$$

$$S_{\max 2} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\max \text{ pakai}} = 200 \text{ mm}$$

$$A_{v \min} = 0.062 \sqrt{f'c} \frac{b \times s}{f_y}$$

$$= 140.04 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \min 2} = \frac{0.35 b \times s}{f_y}$$

$$= 125 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ stud}} = 663.33 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan stud $\emptyset 13-200$ mm

4.2.1.5 Kontrol Lendutan

Perencanaan tebal pelat yang dipakai telah lebih besar daripada kebutuhan minimum sesuai SNI 2847:2013 pasal 9.5.3, maka kontrol terhadap lendutan tidak dilakukan.

4.2.1.6 Kontrol Retak Pelat

Kontrol retak direncanakan sesuai dengan persamaan pada SNI 2847:2013 pasal 10.6.4 sebagai berikut:

$$f_s = 2/3 f_y$$

$$= 280 \text{ MPa}$$

$$C_c = 40 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 380 \times \frac{280}{f_s} - 2.5 Cc$$

$$= 280 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm (OK!)}$$

4.2.1.7 Pengangkatan Pelat

Pada tugas besar ini pelat pracetak akan direncanakan untuk diangkat menggunakan empat titik angkat dengan perhitungan tulangan angkat dan kontrol sebagai berikut:

- Perhitungan Gaya

$$\begin{aligned} DL &= Tp \times p \times l \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 1251.14 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$K = 1.2$$

$$\begin{aligned} q &= K \times DL \\ &= 1501.368 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya angkat setiap tulangan (Tu)

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

$$= 375.432 \text{ kg}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \frac{f_y}{1.5} \\ &= 280 \text{ MPa} \\ &= 2800 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 375.432}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0.413 \text{ cm} = 4.13 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan angkat D13

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{f'c}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 1.918 \text{ MPa}$$

$$M_{ux} = 52.10 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 47.64 \text{ kgm}$$

$$Z_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times h \times \text{pracetak}^2$$

$$Z_y = \frac{1}{6} \times \frac{2.35}{2} \times 0.10^2$$

$$Z_y = 1680 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times \frac{b}{2} \times h \times \text{pracetak}^2$$

$$Z_y = \frac{1}{6} \times \frac{2.35}{2} \times 0.10^2$$

$$Z_y = 1958 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \frac{Mu}{Z}$$

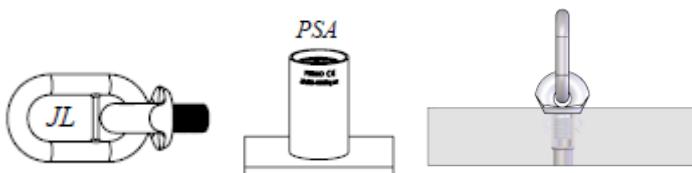
$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{Mux}{Zx} \\ &= 0.233 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_y &= \frac{Muy}{Zy} \\ &= 0.247 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$\sigma_{\text{terjadi}} < \sigma_{\text{ijin}}$ (OKE !!)

- Pemilihan Profil

Digunakan produk dari Peikko group yaitu JENKA Lifting System dengan tipe PSA14 dengan kait JL. Profil ini memiliki safe working load 25 kN untuk masing-masing titik angkat.



Gambar. 4. 7 Profil Pengangkatan Pelat

4.2.1.7 Rekapitulasi Perhitungan Pelat

Tabel 4. 9 Tabel Rekapitulasi Perhitungan Pelat

Tipe Pelat	Penulangan				Tulangan Angkat	
	Arah X		Arah Y			
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan		
S1	D13-200	D13-200	D13-300	D13-300	Jenka PSA 14	
S2	D13-250	D13-250	D13-300	D13-300	Jenka PSA 14	
S3	D13-200	D13-200	D13-300	D13-300	Jenka PSA 14	
S4	D13-200	D13-200	D13-300	D13-300	Jenka PSA 14	
S5	D13-250	D13-250	D13-300	D13-300	Jenka PSA 14	
S6	D13-250	D13-250	D13-300	D13-300	Jenka PSA 14	
S7	D13-125	D13-125	D13-150	D13-150	Jenka PSA 14	

4.2.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan balok anak meliputi perhitungan beban hingga penulangan pada balok anak. Beban yang diterima berupa beban persegi biasa karena pelat yang menumpu diatasnya merupakan pelat satu arah.

4.2.2.1 Data Perencanaan Balok Anak

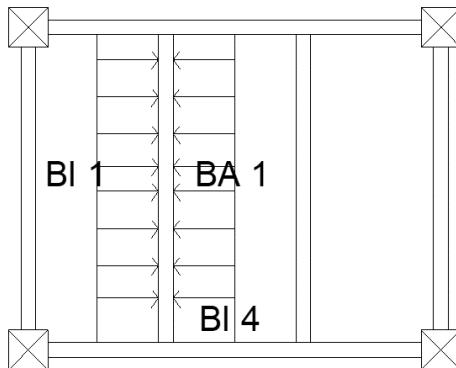
Pada sub-bab ini akan digunakan perhitungan balok anak 1 (BA 1) sebagai contoh perhitungan. Dalam perhitungan perencanaan balok anak digunakan data-data sebagai berikut:

- Dimensi setelah komposit = 300 x 450 mm
- Dimensi sebelum komposit = 300 x 300 mm
- Tebal Overtopping = 150 mm
- f_c = 40Mpa
- f_y = 420MPa
- L = 6.5m
- d_b lentur = 25 mm

- d_b Sengkang = 10 mm
- cover (d') = 40 mm

4.2.2.2 Perhitungan Beban Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak dan pelat serta semua beban merata yang bekerja pelat diatasnya. Beban yang bekerja pada balok anak menggunakan asumsi beban persegi dikarenakan pelat yang menempati pada balok anak merupakan pelat satu arah



Gambar. 4. 8 Distribusi Beban Pada Balok Anak

- Pembebanan Sebelum Komposit
 1. Beban Mati

$$\text{Berat sendiri Balok} = b \times h_{\text{sebelum komposit}} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0.3 \times 0.3 \times 2400$$

$$= 216 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Overtopping} = b \times h_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0.3 \times 0.15 \times 2400$$

$$= 108 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Pelat} = 1 \times \text{Beban pelat}$$

$$= 2.8 \times 360$$

$$= 1008 \text{ kg/m}$$

$$q_d = 1332 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup

$$\text{Beban hidup} = 2.8 \times 100$$

$$= 280 \text{ kg/m}$$

3. Kombinasi Pembebanan

$$q_u = 1.2 \times q_d + 1.6 \times q_L$$

$$= 1864.8 \text{ kg/m}$$

- Pembebanan Saat Pengangkatan

- Beban Mati

$$\text{Berat sendiri Balok} = b \times h_{\text{sebelum komps}} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0.3 \times 0.3 \times 2400$$

- Kombinasi Pembebanan

$$q_d = 216 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.4 \times q_d$$

$$= 302.4 \text{ kg/m}$$

- Pembebanan Setelah Komposit

Pembebanan Setelah komposit menggunakan hasil dari permodelan menggunakan program bantu ETABS yaitu sebagai berikut:

$$M_{\text{tumpuan}} = 8152 \text{ kg.m}$$

$$M_{lapangan} = 5892 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 6345 \text{ kg.m}$$

4.2.2.3 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Anak

Sebelum dilakukan perhitungan tulangan lentur balok anak dilakukan perhitungan rasio dan batas tulangan sesuai SNI 2847:2013 sebagai berikut:

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

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'c}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \times \frac{600}{600 + fy} \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B})$$

$$\rho_b = 0.0364$$

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

$$\rho_{\max} = 0.0273$$

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

$$\rho_{\min} = 0.00376$$

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

$$\rho_{\min2} = 0.0033$$

$$\rho_{\min \text{ pakai}} = 0.00376$$

- **Penulangan Sebelum Komposit**

$$\begin{aligned} d_x &= h - d' - D_{\text{sengkang}} - 1/2 D_b \\ &= 300 - 40 - 10 - 12.5 \\ &= 237.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada balok anak sebelum komposit, momen dihitung dengan asumsi balok anak dalam kondisi tertumpu sederhana sehingga momen tumpuan ditiadakan.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} \times qu \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 1864 \times 6.5^2 \\ &= 9848.78 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- **Tulangan Tumpuan**

Momen pada tumpuan saat sebelum komposit tidak ada maka dalam perhitungan ini digunakan rasio tulangan minimum untuk tulangan tarik dan tulangan tekan pada tumpuan.

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times d_x \\ &= 268.2289087 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As(D25)} = 0.25 \times \pi \times d^2$$

$$= 490.625 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As (D25)}$$

$$= 0.5467$$

$$= 2 \text{ tulangan}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d \text{ sengkang}}{n-1}$$

$$= \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 10}{2-1}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ min} = 25 \text{ mm} \text{ (OKE! } S > S \text{ min)}$$

$$As \text{ Pakai} = n \times As (D 25)$$

$$= 981.25 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan lentur tumpuan balok anak 2D25.

- Tulangan Positif Lapangan

$$dx = 237.5 \text{ mm}$$

$$Mu = 9848.48 \text{ kgm}$$

$$= 9848750 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu/\emptyset$$

$$\emptyset = 0.9 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1)}$$

$$Mn = 123105937.5 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{123105937.5}{300 \times 237.5^2} \\
 &= 6.467 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f' c}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.467}{0.85 \times 40}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= 0.01723
 \end{aligned}$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.01723$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.01723 \times 300 \times 237.5 \\
 &= 1227.67 \text{ mm}^2 \\
 A_{\text{S(D25)}} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 A_{\text{S(D25)}} &= \frac{1}{4} \pi 25^2 \\
 A_{\text{S(D25)}} &= 490.625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$= 2.5$$

= 3 tulangan

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d_{\text{sengkang}}}{n-1}$$

$$= \frac{300 - 3 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 10}{3-1}$$

$$= 62.5 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min}} = 25 \text{ mm} (\text{OKE! } S > S_{\text{min}})$$

$$As_{\text{Pakai}} = n \times As_{(D25)}$$

$$= 1471.875 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan lentur positif lapangan balok anak 3D25.

- Tulangan Negatif Lapangan

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$= 268.2289087 \text{ mm}^2$$

$$As(D25) = 0.25 \times \pi \times d^2$$

$$= 490.625 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{(D25)}}$$

$$= 0.5467$$

$$= 2 \text{ tulangan}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d_{\text{sengkang}}}{n-1}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 10}{2-1} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\min} &= 25 \text{ mm (OKE! } S > S_{\min}) \\
 As_{\text{Pakai}} &= n \times As(D 25) \\
 &= 981.25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur negatif lapangan balok anak 2D25.

- **Penulangan Setelah Komposit**

$$\begin{aligned}
 dx &= h - d' - D_{\text{sengkang}} - 1/2 D_b \\
 &= 450 - 40 - 10 - 12.5 \\
 &= 387.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan setelah komposit sesuai dengan beban yang telah dihitung dengan program bantu analisa struktur ETABS.

- **Tulangan Tarik Tumpuan**

$$\begin{aligned}
 dx &= 387.5 \text{ mm} \\
 Mu &= 8152 \text{ kgm} \\
 &= 81520000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= Mu/\emptyset \\
 \emptyset &= 0.9 (\text{SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1}) \\
 Mn &= 101300000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{101300000}{300 \times 387.5^2} \\ = 2.011 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 2.011}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00494$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00494$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ = 0.00494 x 300 x 387.5 \\ = 574.05 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (\text{D25})} \\ = 1.2 \\ = 2 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d_{\text{sengkang}}}{n-1} \\
 &= \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40' - 2 \times 10}{2-1} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\text{min}} &= 25 \text{ mm} (\text{OKE! } S > S_{\text{min}}) \\
 \text{As Pakai} &= n \times \text{As (D 25)} \\
 &= 981.25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur tarik tumpuan balok anak 2D25.

Kontrol regangan batas:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0.85 \times b \times f'c} \\
 &= \frac{981.25 \times 420}{0.85 \times 300 \times 40} \\
 &= 40.4 \text{ mm} \\
 C &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= 52.86 \\
 \varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} \times 0.003 \\
 &= 0.0189 > 0.005 (\text{OKE!!})
 \end{aligned}$$

- Tulangan Tekan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 0.5 \times Mu_{\text{tarik tumpuan}} \\
 R_n &= \frac{Mn}{b \times a^2}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{50950000}{300 \times 387.5^2}$$

$$= 1.005 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1.005}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00243$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00376$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ &= 0.00376 x 300 x 387.5 \\ &= 574.05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$As(D25) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$As(D25) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$As(D25) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As(D25)} \\ &= 0.89 \\ &= 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n \times d_b - 2 \times d' - 2 \times d_{\text{sengkang}}}{n-1} \\
 &= \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40' - 2 \times 10}{2-1} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\text{min}} &= 25 \text{ mm} (\text{OKE! } S > S_{\text{min}}) \\
 \text{As Pakai} &= n \times \text{As (D 25)} \\
 &= 981.25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur tekan tumpuan balok anak 2D25.

- Tulangan Tarik Lapangan

$$\begin{aligned}
 dx &= 387.5 \text{ mm} \\
 Mu &= 5892 \text{ kgm} \\
 &= 58920000 \text{ Nmm} \\
 Mn &= Mu/\emptyset \\
 \emptyset &= 0.9 (\text{SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1}) \\
 Mn &= 73650000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{73650000}{300 \times 387.5^2} \\
 &= 1.453 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1.453}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00354$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00376$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ &= 0.00376 x 300 x 387.5 \\ &= 437.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (\text{D25})} \\ &= 0.89 \\ &= 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n x db - 2 x d' - 2 x d \text{ sengkang}}{n - 1} \\ &= \frac{300 - 2 x 25 - 2 x 40' - 2 x 10}{2 - 1} \end{aligned}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = 25 \text{ mm (OKE! } S > S_{\min})$$

$$\begin{aligned} As_{\text{Pakai}} &= n \times As (\text{D } 25) \\ &= 981.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur tarik lapangan balok anak 2D25.

Kontrol regangan batas:

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0.85 \times b \times f'c} \\ &= \frac{981.25 \times 420}{0.85 \times 300 \times 40} \\ &= 40.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$= 52.86$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} \times 0.003 \\ &= 0.0189 > 0.005 \text{ (OKE!!)} \end{aligned}$$

- Tulangan Tekan Lapangan

$$Mu = 0.5 \times Mu_{\text{tarik lapangan}}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{36825000}{300 \times 387.5^2} \\ &= 0.727 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 0.727}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00175$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00376$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ &= 0.00376 x 300 x 387.5 \\ &= 574.05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (\text{D25})} \\ &= 0.89 \\ &= 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n x db - 2 x d' - 2 x d \text{ sengkang}}{n - 1} \\ &= \frac{300 - 2 x 25 - 2 x 40' - 2 x 10}{2 - 1} \end{aligned}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

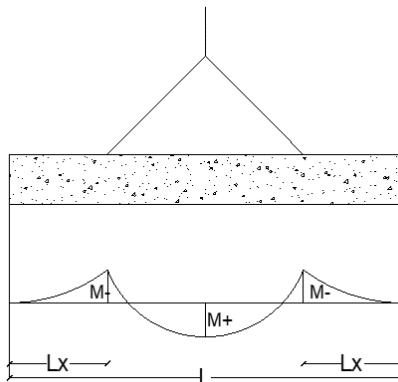
$$S_{\min} = 25 \text{ mm (OKE! } S > S_{\min})$$

$$\begin{aligned} As_{\text{Pakai}} &= n \times As(D 25) \\ &= 981.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur tekan lapangan balok anak 2D25.

- **Penulangan Saat Pengangkatan**

Balok anak direncanakan untuk melalui proses pengangkatan dengan dua titik angkat. Beban yang bekerja dan penulangan balok anak akibat proses pengangkatan adalah sebagai berikut:



Gambar. 4. 9 Skema Pengangkatan Balok

$$\begin{aligned} d_x &= h - d' - D_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} D_b \\ &= 300 - 40 - 10 - 12.5 \end{aligned}$$

$$= 237.5 \text{ mm}$$

$$y_t = y_b$$

$$\frac{h}{2}$$

$$= 15 \text{ cm}$$

$$y_c = y_t + 5$$

$$= 20 \text{ cm}$$

Balok anak direncanakan diangkat dengan sudut angkat 45° .

$$L = 6.5 \text{ m}$$

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

$$= 0.2726$$

$$L_x = 6.5 \times 0.2726$$

$$= 177.21 \text{ cm}$$

$$W = 302.4 \text{ kg/m}$$

$$+M = \frac{WL^2}{8} x (1 - 4x + \frac{4Yc}{Lx \tan \theta}) \\ = 474.8 \text{ kg.m}$$

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

$$= 474.8 \text{ kg.m}$$

Karena momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk tulangan tumpuan dan lapangan direncanakan menggunakan rasio tulangan minimum.

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b w \times dx \\ &= 268.2289087 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As(D25)} &= 0.25 \times \pi \times d^2 \\ &= 490.625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D25)}} \\ &= 0.5467 \\ &= 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d \text{ sengkang}}{n-1} \\ &= \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 10}{2-1} \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S \text{ min} = 25 \text{ mm (OKE! } S > S \text{ min)}$$

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= n \times \text{As (D 25)} \\ &= 981.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur 2D25 baik lapangan maupun tumpuan saat pengangkatan balok anak.

4.2.2.3 Perhitungan Penulangan Geser Balok Anak

- **Penulangan Sebelum Komposit**

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.5 \times 1864.8 \times 6.5 \\
 &= 5641.02 \text{ kg} \\
 &= 56410.2 \text{ N} \\
 &= 56.41 \text{ kN} \\
 \text{Vc} \quad &= \frac{1}{6} \pi \sqrt{f'c} x b x d \\
 &= 75104.09443 \text{ N} \\
 &= 75.10 \text{kN} \\
 \emptyset \text{Vc} \quad &= 0.75 \times \text{Vc} \\
 &= 63.83 \text{ kN} \\
 0.5 \emptyset \text{Vc} \quad &= 31.92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0.5 \emptyset \text{Vc} &< \text{Vu} < \emptyset \text{Vc} \\
 31.92 &< 56.41 < 63.83 \text{ kN} \\
 \text{Diperlukan tulangan geser minimum}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vs} \quad &= \frac{Vu}{\emptyset} \\
 &= \frac{56.41}{0.85} \\
 &= 66.37 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{As (D10)} = 0.25 \times \pi \times d^2$$

$$= 78.5 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \times f_y \times d_x}{V_s}$$

$$= 235.98 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 syarat jarak spasi tulangan geser maksimum tidak boleh melebihi:

$$\frac{d}{2} = \frac{237.5}{2} = 118.75 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan sengkang D10-100 mm

- Penulangan Setelah Komposit**

$$V_u = 6345 \text{ kg}$$

$$= 63.45 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 122538.2 \text{ N}$$

$$= 122.54 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c$$

$$= 104.16 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 52.08 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c$$

$$52.08 < 63.45 < 104.16 \text{ kN}$$

Diperlukan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\emptyset} \\ &= \frac{63.45}{0.85} \\ &= 84.6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$A_s (D10) = 0.25 \times \pi \times d^2$$

$$= 78.5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 157 \text{ mm}^2 \\ S_{\max} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\ &= 302.03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 syarat jarak spasi tulangan geser maksimum tidak boleh melebihi:

$$\frac{d}{2} = \frac{387.5}{2} = 193.75 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan sengkang lapangan D10- 150 mm

4.2.2.4 Pengangkatan Balok Anak

- Perhitungan Gaya

$$\begin{aligned} DL &= h \times b \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 1404 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$K = 1.2$$

$$\begin{aligned} q &= K \times DL \\ &= 1684.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya angkat setiap tulangan (Tu)

$$\begin{aligned} Tu &= \frac{q \times \cos(45)}{2} \\ &= 595.58 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{ijin} &= \frac{f_y}{1.5} \\ &= 280 \text{ MPa} \\ &= 2800 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 595.58}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0.52 \text{ cm} = 5.2 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan angkat D13

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{f'c}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2.1075 \text{ MPa}$$

$$M(+) = 248.59 \text{ kgm}$$

$$M(-) = 474.8 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 30 \times 30^2$$

$$Z = 4500 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{Mu}{Z}$$

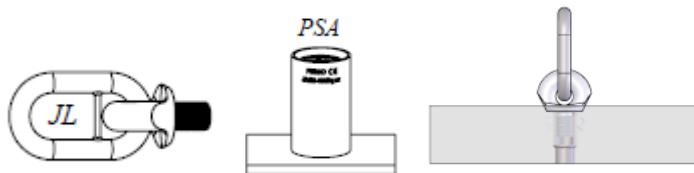
$$\sigma_{max} = \frac{474.8 \times 10000}{4500000}$$

$$= 1.055 \text{ MPa}$$

$\sigma_{terjadi} < \sigma_{ijin}$ (OKE !!)

- Pemilihan Profil

Digunakan produk dari Peikko group yaitu JENKA Lifting System dengan tipe PSA24 dengan kait JL. Profil ini memiliki safe working load 25 kN untuk masing-masing titik angkat.



Gambar. 4. 10 Profil Tulangan Angkat Balok Anak

4.2.2.5 Rekapitulasi Perhitungan Balok Anak

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Balok Anak

Tipe Balok	BA 1		BA 2	
	Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Dimensi	300 x 450 mm		300 x 450 mm	
Bentang	6.5 m		5.6 m	
Tulangan Atas	3 D25	2 D25	3 D25	2 D25
Tulangan Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Tulangan Bawah	2 D25	3 D25	2 D25	3 D25
Sengkang	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 100
Tulangan Angkat	Jenka PSA 24		Jenka PSA 24	

4.2.3 Perencanaan Tangga

4.2.3.1 Data Perencanaan

Data-data perencanaan yang digunakan untuk struktur tangga modifikasi apartemen La Viz adalah sebagai berikut:

- Panjang bentang tangga (L) = 5.15 m
- Tinggi Lantai = 3.7 m
- Elevasi Bordes = 1.85 m
- Tinggi tanjakan (t) = 0.185 m
- Lebar injakan (i) = 0.25 m
- Jumlah tanjakan (nt) = 10 buah
- Jumlah injakan(ni) = 9 buah
- Kemiringan tangga (α) = 39.4°
- Tebal pelat tangga (tp) = 14 cm
- Lebar bordes = 3.0m
- Lebar tangga = 1.5m

Syarat tangga:

- $60 \leq (2t+i) \leq 65$
 $60 \leq 62 \leq 65$ (OK!!)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 39.42^\circ \leq 40^\circ$ (OK!!)
- Tebal pelat tangga (tp) = 14 cm
- Tebal anak tangga rata-rata (tr) $= \frac{1}{2} i \sin \alpha$
 $= 7.94$ cm
- Tebal pelat tangga rata-rata = tp + tr = 21.94 cm

4.2.3.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

a) Pembebanan Tangga

- Beban Mati

$$\text{Pelat Tangga} = \frac{0.2194 \times 2400 \times 1.5}{\cos(39.42^\circ)} = 1022.31 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 24 \times 1.5 = 36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 44 \times 1.5 = 66 \text{ kg/m}$$

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

$$q_d = 1174.31 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

$$q_L = 479 \times 1.5 = 718.5 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi Beban

$$q_{ut} = 1.2 (1174.31) + 1.6 (718.5)$$

$$= 2558.78 \text{ kg/m}$$

b) Pembebanan Bordes

- Beban Mati

$$\text{pelat bordes} = 0.14 \times 2400 \times 1.5 = 504 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 24 \times 1.5 = 36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 44 \times 1.5 = 66 \text{ kg/m}$$

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

$$qd = 656 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

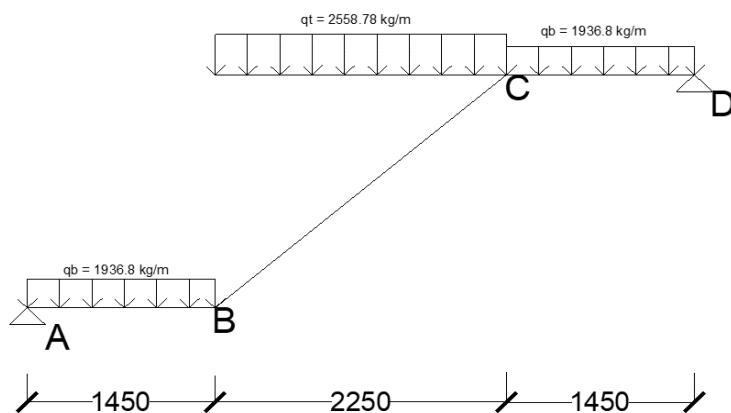
$$q_L = 479 \times 1.5 = 718.5 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi Beban

$$q_{ub} = 1.2 (656) + 1.6 (718.5)$$

$$= 1936.8 \text{ kg/m}$$

4.2.3.3 Gaya Pada Tangga dan Bordes



Gambar. 4. 11 Skema Pembebanan Pada Tangga dan Bordes

- Reaksi Pada Perletakan
- $\sum M_A = 0$

$$R_D(5.15) - q_t(2.25)(1.45+1.13) - q_b [(1.45 \times 0.725) + (1.45 \times 3.7)] = 0$$

$$R_D = 5686.98 \text{ kg}$$

- $\sum M_D = 0$

$$R_A(5.15) - q_t(2.25)(1.45+1.13) - q_b [(1.45 \times 0.725) + (1.45 \times 3.7)] = 0$$

$$R_A = 5686.98 \text{ kg}$$

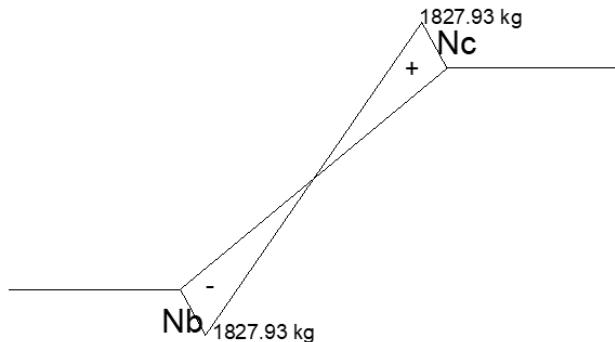
- Gaya Normal
- Pada Bordes ($0 < X_b < 1.45$)
 $N = 0 \text{ kg}$
- Pada Tangga ($0 < X_t < 2.25$)

$$X_t = 0 \text{ m}$$

$$N_B = -(R_a - q_b (1.45)) \sin \alpha \\ = -1827.93 \text{ kg}$$

$$X_t = 2.25 \text{ m}$$

$$N_C = N_B + q_t (x_t) \sin \alpha \\ = 1827.93 \text{ kg}$$



Gambar. 4. 12 Gaya Normal Tangga

- Gaya Lintang
- Pada Bordes ($0 < X_b < 1.45$)

$$X_b = 0 \text{ m}$$

$$D_A = R_A$$

$$= 5686.98 \text{ kg}$$

$$X_b = 1.45 \text{ m}$$

$$D_B = R_A - q_b (x_b)$$

$$= 2878.6 \text{ kg}$$

- Pada Tangga ($0 < X_t < 2.25$)

$$X_t = 0 \text{ m}$$

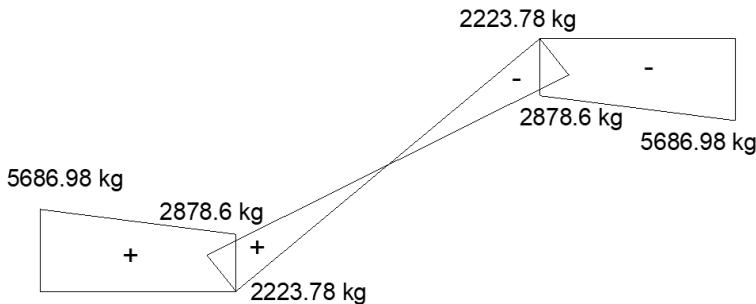
$$D_B = R_A - q_b (x_b) \cos \alpha$$

$$= 2223.78 \text{ kg}$$

$$X_t = 2.25 \text{ m}$$

$$D_c = D_B - q_t (x_t) \cos \alpha$$

$$= -2223.78 \text{ kg}$$



Gambar. 4. 13 Gaya Lintang Tangga

- Gaya Momen
- Pada Bordes ($0 < X_b < 1.45$)

$X_b = 0 \text{ m}$
 $M_A = 0 \text{ kgm}$
 $X_b = 1.45 \text{ m}$

$$M_B = R_A (X_B) - \frac{1}{2} qb (xb^2)$$

$$= 6210 \text{ kgm}$$
- Pada Tangga ($0 < X_t < 2.25$)

$X_t = 0 \text{ m}$
 $M_B = 6210 \text{ kgm}$
 $X_t = 2.25 \text{ m}$

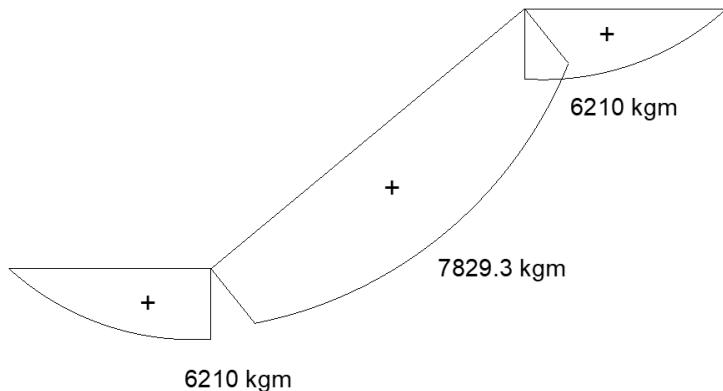
$$M_C = R_A (X_{\text{total}}) - q_b (X_b)(0.5X_b + X_t) - \frac{1}{2} qt (xt^2)$$

$$= 6210 \text{ kgm}$$
- Momen Maksimum pada Tangga

$M_{\max} = \text{Saat } D = 0$
 $D_x = R_A - q_b (x_b) \cos \alpha - q_t (x_t) \cos \alpha$
 $0 = 2223.76 - 2558.78 \times \cos 39.42 (x_t)$

$$(x_t) = 1.13 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= R_A (X_{\text{total}}) - q_b (X_b)(0.5X_b + X_t) - \frac{1}{2} qt (xt^2) \\
 &= 7829.3 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$



Gambar. 4. 14 Momen Pada Tangga

4.2.3.4 Perhitungan Penulangan Tangga

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

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

$$d_b \text{ lentur} = 16 \text{ mm}$$

$$d_b \text{ Sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f'_c - 28}{7} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3})$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$

$$m = \frac{fy}{0.85 x f'c}$$

$$m = \frac{420}{0.85 x 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho b = \frac{0.85 x \beta_1 x f'c}{f_y} x \frac{600}{600+f_y} \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho b = 0.0364$$

$$\rho \max = 0.75 \rho b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho \max = 0.0273$$

$$\rho \min 1 = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \min 1 = 0.00376$$

$$\rho \min 2 = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho \min 2 = 0.0033$$

$$\rho \min \text{ pakai} = 0.00376$$

- Penulangan Pelat Tangga

$$b = 1500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_x &= 140 - d' - d/2 \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Longitudinal

$$M_u = 7829.29 \text{ kgm} = 78292926.49 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \emptyset$$

$$\emptyset = 0.9 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1)}$$

$$M_n = 97866158.11 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{97866158.11}{1500 \times 112^2} \\ &= 4.623 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4.623}{0.85 \times 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.01188$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.01188$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ &= 0.01188 x 1500 x 112 \\ &= 1995.76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s (\text{D16}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ = 200.96 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n) $= \frac{As \text{ perlu}}{As (D16)}$
 = 9.9
 = 10 tulangan

S $= \frac{1500}{n-1}$
 $= \frac{1500}{9}$
 = 167 mm

Smin = 25 mm

Smax = 3 x tp = 420 mm

Sehingga digunakan tulangan lentur tangga D16-150 mm.

- Tulangan Bagi

$$As_{\text{pakai}} = n \times As (\text{D16})$$

$$= 2009.6 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{bagi}} = 20 \% \times As_{\text{pakai}} \\ = 401.92 \text{ mm}^2$$

$$As (\text{D10}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ = 78.5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n) $= \frac{As \text{ bagi}}{As (D10)}$
 = 5.12
 = 6 tulangan

S $= \frac{1500}{n-1}$
 $= \frac{1500}{5}$
 = 300 mm

Sehingga digunakan tulangan bagi tangga D10-300 mm.

- Tulangan Susut

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ = 0.0018 \times 1500 \times 112 \\ = 302.4 \text{ mm}^2$$

$$As (D10) = \frac{1}{4} \pi D^2 \\ = \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (D10)} \\ &= 3.85 \\ &= 4 \text{ tulangan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{1500}{n-1} \\ &= \frac{1500}{3} \\ &= 500 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan susut tangga D10-300 mm.

- Tulangan Geser

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 177087.54 \text{ N} \\ &= 177.08 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$0.5 \varnothing V_c = 75.26 \text{ kN}$$

$$V_u = 22.237 \text{ kN}$$

$V_u < 0.5 \varnothing V_c$ tidak diperlukan tulangan geser.

- Penulangan Pelat Bordes
 $b = 1500 \text{ mm}$
 $d_x = 140 - d' - d/2$
 $= 112 \text{ mm}$

- Tulangan Longitudinal

$$M_u = 6210.07 \text{ kgm} = 62100664.12 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \emptyset$$

$$\emptyset = 0.9 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1)}$$

$$M_n = 77625830.15 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{77625830.15}{1500 \times 112^2} \\ &= 3.67 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 3.67}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00926$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.0926$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ &= 0.00926 x 1500 x 112 \\ &= 1555.85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s(D16) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ = 200.96 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n) $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ (D16)}}$
 $= 7.7$
 $= 8 \text{ tulangan}$

$$S \quad \quad \quad = \frac{1500}{n-1} \\ = \frac{1500}{7} \\ = 214 \text{ mm}$$

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

$$S_{\max} = 3 \times tp = 420 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tangga D16-200 mm.

- Tulangan Bagi

$$As_{\text{pakai}} = n \times As \text{ (D16)} \\ = 1607.68 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{bagi}} = 20 \% \times As_{\text{pakai}} \\ = 321.54 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ (D10)} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ = 78.5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n) $= \frac{As \text{ bagi}}{As (D10)}$
 = 4.1
 = 5 tulangan

S $= \frac{1500}{n-1}$
 $= \frac{1500}{4}$
 = 375 mm

Sehingga digunakan tulangan bagi tangga D10-300 mm.

- Tulangan Susut

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ = 0.0018 \times 1500 \times 112 \\ = 302.4 \text{ mm}^2$$

$$As (D10) = \frac{1}{4} \pi D^2 \\ = \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (D10)} \\
 &= 3.85 \\
 &= 4 \text{ tulangan} \\
 S &= \frac{1500}{n-1} \\
 &= \frac{1500}{3} \\
 &= 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan susut tangga D10-300 mm.

- Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 177087.54 \text{ N} \\
 &= 177.08 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$0.5 \varnothing V_c = 75.26 \text{ kN}$$

$$V_u = 56.87 \text{ kN}$$

$V_u < 0.5 \varnothing V_c$ tidak diperlukan tulangan geser.

4.2.4 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift dilakukan untuk merencanakan balok lift bagian depan dan balok lift bagian belakang. Pada perencanaan ini digunakan lift dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe lift : Luxen, Hyundai Elevetaro
- Model : LXE-01

- Kapasitas lift : 13 orang (1000 kg)
- Kecepatan lift : 1.5 m/s
- Lebar pintu : 900 mm
- Dimensi car : 1600 x 1500
- Dimensi Hoistway : 2050 x 2150 mm
- Dimensi balok lift : 40/60 cm

4.2.4.1 Pembebaan

- **Beban Terpusat**

Beban terpusat meliputi berat struktur dan ditambah muatan yang diangkat dimana beban ini diambil dari reaksi berdasarkan spesifikasi lift yang digunakan.

$$R_1 = 5450 \text{ kg}$$

$$R_2 = 4300 \text{ kg}$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 4.6.3 dimana beban impak akan ditingkatkan sebesar 20 persen sehingga:

$$R_{1u} = 1.2 \times 5450 = 6540 \text{ kg}$$

$$R_{2u} = 1.2 \times 4300 = 5160 \text{ kg}$$

- **Beban Merata**

Beban merata meliputi beban-beban yang menumpu pada balok lift sebagai berikut:

Beban Mati:

$$\text{Berat sediri} = 2400 \times 0.6 \times 0.4 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat} = 2400 \times 0.15 \times 2.65 = 127.2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat spasi} = 2400 \times 0.02 \times 2.65 = 954 \text{ kg/m}$$

$$q_d = 1657.2 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup:

$$\text{Beban pekerja} = 100 \times 2.65 \text{ m} = 265 \text{ kg/m}$$

$$q_l = 265 \text{ kg/m}$$

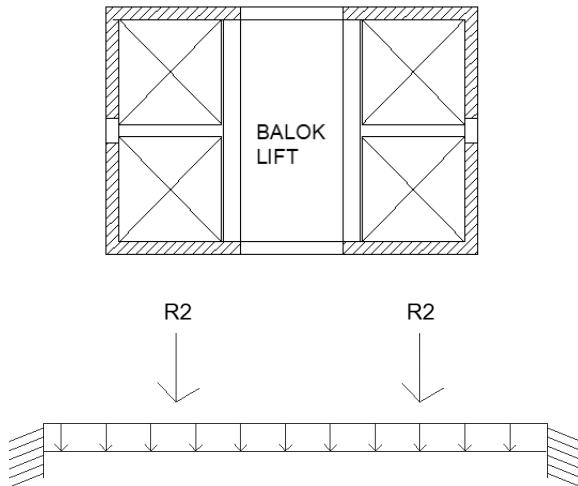
Beban Kombinasi

$$q_u = 1.2 D + 1.6 L$$

$$= 2412.6 \text{ kg/m}$$

4.2.4.2 Perhitungan Gaya Balok Lift

Dari perhitungan pembebanan pada balok lift dapat dilakukan perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok lift sebagai berikut:



Gambar. 4. 15 Sketsa Pembebanan Balok Lift

$$V_u = \frac{1}{2} q u \times L + R_2$$

$$= 11915.392 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{12} \times q \times l^2 + R_2 \times a$$

$$= 18513.03 \text{ kg.m}$$

4.2.4.3 Perencanaan Tulangan Balok Lift

Perencanaan tulangan pada balok lift menggunakan data perencanaan sebagai berikut:

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

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

$$d_{lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d_{geser} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{cover} = 40 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f'_c - 28}{7} \quad (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Pasal } 10.2.7.3)$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Lampiran B})$$

$$\rho b = 0.0364$$

$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho b$ (SNI 2847:2013 Lampiran B)

$$\rho_{\text{max}} = 0.0273$$

$$\rho_{\text{min 1}} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{fy} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\text{min 1}} = 0.00376$$

$$\rho_{\text{min 2}} = \frac{1.4}{fy} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\text{min 2}} = 0.0033$$

$$\rho_{\text{min pakai}} = 0.00376$$

- Perhitungan Tulangan Lentur

$$dx = 534.5 \text{ mm}$$

$$Mu = 15461 \text{ kgm}$$

$$= 185130325.33 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu/\emptyset$$

$$\emptyset = 0.9 \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1})$$

$$Mn = 231412906.7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{231412906.7}{400 \times 534.5^2} \\ &= 1.8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x (1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x (1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1.8}{0.85 x 40}})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00441$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00441$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ &= 0.00441 x 400 x 543.5 \\ &= 941.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{S(D25)}}} \\ &= 3 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n x db - 2 x d' - 2 x d \text{ sengkang}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 x 25 - 2 x 40' - 2 x 13}{3-1} \\ &= 109.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min}} = 25 \text{ mm (OKE! } S > S_{\text{min}})$$

Sehingga digunakan Tulangan lentur 3 D25

- Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 119.15 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'c} x b x d \\ &= 225364.99 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 225.4 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c$$

$$= 191.56 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 95.78 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c$$

$95.75 < 119.15 < 191.56 \text{ kN}$, Diperlukan tulangan geser

$$V_s = \frac{Vu}{\emptyset}$$

$$= \frac{119.15}{0.85}$$

$$= 140.18 \text{ kN}$$

$$A_s (\text{D13}) = 0.25 \times \pi \times d^2$$

$$= 132.67 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 265.33 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} = \frac{A_v x f_y x dx}{V_s}$$

$$= 424.9 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } S = d/2$$

$$= 267.25 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser D13-250 mm

4.3 Pembebanan

Pembebanan direncanakan pada struktur berupa beban gravitasi yaitu beban mati dan beban hidup dan beban gempa sesuai dengan lokasi dan data tanah yang ada. Pembebanan gravitasi dilakukan sesuai dengan SNI 1727:2013 dan pembebanan gempa sesuai dengan SNI 1726:2012. Perencanaan dan perhitungan beban yang bekerja pada struktur gedung apartemen La Viz adalah sebagai berikut:

- Mutu Material
 - Mutu beton ($f'c$) = 40 MPa
 - Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Ketinggian Lantai
 - Lantai 1-5 = 3.7 m
 - Lantai 6- atap = 3.2 m
- Dimensi Balok
 - BI 1 = 700x450 mm
 - BI 2 = 600x400 mm
 - BI 3 = 600x400 mm
 - BI 4 = 700x450 mm
 - BI 5 = 600x400 mm
 - BI 6 = 600x400 mm
 - BI 7 = 600x400 mm
 - BA 1 = 450x300 mm
 - BA 2 = 450x300 mm
- Tebal Pelat
 - Tebal pelat lantai = 150 mm
 - Tebal pelat atap = 150 mm
- Dimensi Kolom
 - Lantai 1 -5 = 900 x 900 mm
 - Lantai 6-10 = 750 x 750 mm

- Lantai 11- Atap = 600 x 600 mm
- Beban Hidup
 - Beban Apartemen = 192 kg/m²
 - Beban Atap = 96 kg/m²
- Beban Mati Tambahan
 - Plafond + penggantung = 18 kg/m²
 - Tegel = 24 kg/m²
 - Spesi (2cm) = 48 kg/m²
 - Ducting + Plumbing = 30 kg/m²
 - Keramik Lantai = 24 kg/m²
 - Dinding Bata Ringan = 200 kg/m²
 - Total = 344 kg/m²
 - Untuk atap total = 120 kg/m²

Rekapitulasi pembebanan pada struktur apartemen La Viz dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Pembebanan Struktur

Lantai Atap							
Beban Mati							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
BI 1	2400	0.7	0.45	6.5	14	68796	kg
BI 2	2400	0.6	0.4	5.6	4	12902.4	kg
BI 3	2400	0.6	0.4	5.9	4	13593.6	kg
BI 4	2400	0.7	0.45	8.4	12	76204.8	kg
BI 5	2400	0.6	0.4	5.3	2	6105.6	kg
BI 6	2400	0.45	0.3	2.4	2	1555.2	kg
BI 7	2400	0.6	0.4	5.3	4	12211.2	kg
BA 1	2400	0.45	0.3	6.5	20	42120	kg
BA 2	2400	0.45	0.3	5.6	7	12700.8	kg
Pelat Atap	2400	0.15	18.6	44.8		283449.6	kg
SDL	120		18.6	44.8		99993.6	kg
WD =						629632.8	kg
Beban Hidup							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
Lantai Atap	96		18.6	44.8		75586.56	kg
WL =						75586.56	kg

Lantai 11-14							
Beban Mati							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
BI 1	2400	0.7	0.45	6.5	14	68796	kg
BI 2	2400	0.6	0.4	5.6	4	12902.4	kg
BI 3	2400	0.6	0.4	5.9	4	13593.6	kg
BI 4	2400	0.7	0.45	8.4	12	76204.8	kg
BI 5	2400	0.6	0.4	5.3	2	6105.6	kg
BI 6	2400	0.45	0.3	2.4	2	1555.2	kg
BI 7	2400	0.6	0.4	5.3	4	12211.2	kg
BA 1	2400	0.45	0.3	6.5	20	42120	kg
BA 2	2400	0.45	0.3	5.6	7	12700.8	kg
Kolom	2400	0.6	0.6	3.2	22	60825.6	kg
Pelat Lantai	2400	0.15	18.6	44.8		283449.6	kg
Shear Wall	2400	0.25	3.2	33.8		64896	kg
SDL	344		18.6	44.8		286648.32	kg
WD =						942009.12	kg
Beban Hidup							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
Lantai Apartmer	192		18.6	44.8		151173.12	kg
WL =						151173.12	kg
Lantai 6-10							
Beban Mati							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
BI 1	2400	0.70	0.45	6.5	14	68796	kg
BI 2	2400	0.60	0.40	5.6	4	12902.4	kg
BI 3	2400	0.60	0.40	5.9	4	13593.6	kg
BI 4	2400	0.70	0.45	8.4	12	76204.8	kg
BI 5	2400	0.60	0.40	5.3	2	6105.6	kg
BI 6	2400	0.45	0.30	2.4	2	1555.2	kg
BI 7	2400	0.60	0.40	5.3	4	12211.2	kg
BA 1	2400	0.45	0.30	6.5	20	42120	kg
BA 2	2400	0.45	0.30	5.6	7	12700.8	kg
Kolom	2400	0.75	0.75	3.2	22	95040	kg
Pelat Lantai	2400	0.15	18.60	44.8		283449.6	kg
Shear Wall	2400	0.25	3.20	33.8		64896	kg
SDL	344		18.6	44.8		286648.32	kg
WD =						976223.52	kg
Beban Hidup							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
Lantai Apartmer	192		18.6	44.8		151173.12	kg
WL =						151173.12	kg

Lantai 1-5							
Beban Mati							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
BI 1	2400	0.7	0.45	6.5	14	68796	kg
BI 2	2400	0.6	0.4	5.6	4	12902.4	kg
BI 3	2400	0.6	0.4	5.9	4	13593.6	kg
BI 4	2400	0.7	0.45	8.4	12	76204.8	kg
BI 5	2400	0.6	0.4	5.3	2	6105.6	kg
BI 6	2400	0.45	0.3	2.4	2	1555.2	kg
BI 7	2400	0.6	0.4	5.3	4	12211.2	kg
BA 1	2400	0.45	0.3	6.5	20	42120	kg
BA 2	2400	0.45	0.3	5.6	7	12700.8	kg
Kolom	2400	0.9	0.9	3.2	22	136857.6	kg
Pelat Atap	2400	0.15	18.6	44.8		283449.6	kg
Shear Wall	2400	0.25	3.2	33.8		64896	kg
SDL	344		18.6	44.8		286648.32	kg
		WD =				1018041.12	kg
Beban Hidup							
	Berat Volum	h	b	L	n	Berat	Satuan
Lantai Apartmer	192		18.6	44.8		151173.12	kg
		WL =				151173.12	kg

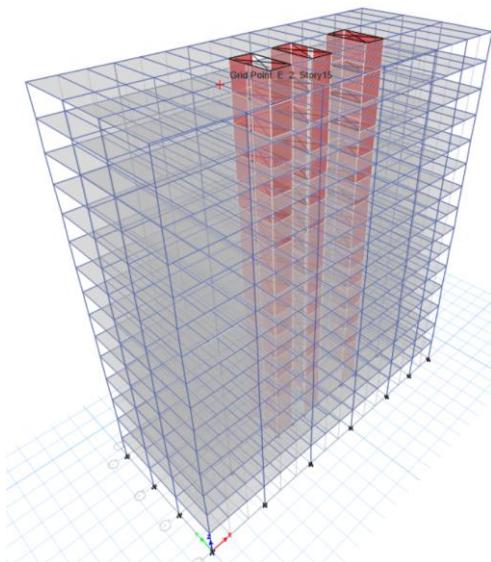
Dari perhitungan manual pembebanan didapatkan total beban mati dan hidup pada struktur sebagai berikut:

$$\text{Total beban mati struktur} = 14368992.48 \text{ kg}$$

$$\text{Total beban hidup struktur} = 2192010.24 \text{ kg}$$

4.4 Permodelan dan Analisa Struktur

Permodelan dan analisa struktur modifikasi gedung apartemen La Viz ini menggunakan program bantu ETABS dengan analisa gempa menggunakan respon dinamis. Struktur memiliki total lantai 15 dan ketinggian ± 50.5 m.



Gambar. 4. 16 Permodelan Pada ETABS

4.4.1 Kontrol Pembebanan

Dari permodelan pada ETABS didapatkan beban total yang diterima struktur sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Tabel Pembebanan ETABS

Tabel Base Reaction				
Load Case/Combo	FX	FY	FZ	
	kN	kN	kN	
Dead	0	0	101619.51	
Live	0	0	21888.922	
SDL	0	0	38808.806	

Pembebanan pada program bantu ETABS harus mendekati dengan pembebanan yang telah dihitung secara manual dengan syarat batas deviasi ($\pm 5\%$) agar pembebanan pada program bantu bisa dikatakan sesuai. Berikut perhitungan selisih antara beban pada program bantu ETABS dan perhitungan pembebanan manual:

$$\text{Total beban mati ETABS} = \left(\frac{(101619.51 + 38808.80) \times 1000}{9.81} \right)$$

$$= 14314813.11 \text{ kg}$$

$$\text{Total beban hidup ETABS} = \left(\frac{21888.92 \times 1000}{9.81} \right)$$

$$= 2231286.6 \text{ kg}$$

$$\text{Rasio selisih beban mati} = \left(\frac{14314813.11 - 14368992.48}{14314813.11} \right) \times 100 \%$$

$$= 0.38 \%$$

$$\text{Rasio selisih beban hidup} = \left(\frac{2231286.6 - 2192010.24}{2231286.6} \right) \times 100 \%$$

$$= 1.79 \%$$

Pembebanan pada ETABS dapat disimpulkan benar karena memiliki selisih yang tidak besar dengan pembebanan manual

4.4.2 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dinamis mengacu pada SNI 1726:2012 dengan syarat dan ketentuan yang berlaku. Beban gempa direncanakan sesuai dengan lokasi dan kondisi tanah yang digunakan.

4.4.2.1 Kelas Situs Tanah

Berdasarkan data tanah yang ada, dapat ditentukan kelas situs tanah yang akan digunakan untuk struktur modifikasi gedung apartemen La Viz termasuk dalam kategori kelas situs tanah lunak (SE)

4.4.2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan berdasarkan dengan kategori risiko sesuai dengan tabel 1 pada SNI 1726:2012 dimana untuk apartemen merupakan kategori resiko 2 dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.

4.4.2.3 Parameter Respons Desain

Data perencanaan respon spektrum didapatkan dari website www.puskim.pu.go.id sebagai berikut:

- PGA (g) = 0.329
- SS (g) = 0.669
- S1 (g) = 0.25
- FPGA = 1.113
- FA = 1.362
- FV = 3.002
- PSA (g) = 0.366
- SMS (g) = 0.911
- SM1 (g) = 0.749
- SDS (g) = 0.607
- SD1 (g) = 0.499
- T0 (detik) = 0.164
- TS (detik) = 0.822

Selanjutnya data ini akan digunakan untuk permodelan respon spektrum pada program bantu ETABS.

4.4.2.4 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismic ditentukan berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 6. Untuk struktur dengan nilai S_{DS} dan S_{D1} sebesar 0.607 dan 0.499 didapatkan kategori desain seismic termasuk kategori D, sehingga pada tugas akhir ini akan digunakan sistem Rangka Pemikul Momem Khusus (SRPMK) dan dinding geser dari beton bertulang khusus.

4.4.3 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Perioda / waktu getar alami struktur ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 dengan persamaan dan perhitungan sebagai berikut:

$$T = C_u \times T_a$$

Dimana:

C_u = koefisien untuk Batasan atas pada perioda yang dihitung (sesuai tabel 14 SNI 1726:2012)

T_a = perioda fundamental pendekatan

Perioda fundamental pendekatan itu sendiri harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana:

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t dan X = Parameter perioda pendekatan (Sesuai Tabel 15 SNI 1726:2012)

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n^x \\ &= 0.0488 \times 50.5^{0.75} \end{aligned}$$

$$= 0.92 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} T &= C_u \times T_a \\ &= 1.4 \times 0.92 \\ &= 1.294 \text{ s} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan program bantu ETABS didapatkan nilai periode struktur untuk masing-masing mode pada tiap arah sesuai dengan Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Tabel Perioda Struktur

Case	Mode	Period	Modal Participation Mass Ratio				
		sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1.552	0	0.2452	0	0	0.2452
Modal	2	1.471	0.7641	0	0	0.7641	0.2452
Modal	3	1.26	0	0.4816	0	0.7641	0.7268
Modal	4	0.485	0	0.0295	0	0.7641	0.7564
Modal	5	0.444	0.1068	0	0	0.8709	0.7564
Modal	6	0.351	0	0.1204	0	0.8709	0.8767
Modal	7	0.255	0	0.008	0	0.8709	0.8847
Modal	8	0.224	0.0467	0	0	0.9176	0.8847
Modal	9	0.168	0	0.0135	0	0.9176	0.8981
Modal	10	0.167	0	0.0354	0	0.9176	0.9335
Modal	11	0.139	0.028	0	0	0.9456	0.9335
Modal	12	0.123	0	0.0027	0	0.9456	0.9362

$$T_x = 1.47 \text{ s}$$

$$T_y = 1.25 \text{ s}$$

Untuk nilai perioda yang melebihi batas atas, maka digunakan nilai batas atas sebagai perioda struktur tersebut sebagai berikut:

- $T_x = 1.47 \text{ s} > C_u \times T_a$
- $T_x = C_u \times T_a = 1.294 \text{ s}$
- $T < T_y = 1.25 \text{ s} < C_u \times T_a$
- $T_y = 1.25 \text{ s}$

4.4.4 Kontrol Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar seismik dihitung sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{Sds}{\frac{R}{Ie}}$$

$$C_s \max = \frac{Sd1}{T \frac{R}{Ie}}$$

$$C_s \min = 0.044 S_{DS} \times I_e > 0.01$$

Dimana:

$$S_{DS} = 0.61$$

$$S_{D1} = 0.5$$

$$I_e = 1$$

$$T_x = 1.47 \text{ s}$$

$$T_y = 1.25 \text{ s}$$

R = 7 (sistem ganda dengan rangka beton bertulang pemikul momen khusus dan dinding geser beton bertulang khusus)

$$C_s = \frac{0.61}{\frac{7}{1}}$$

$$= 0.0867$$

Nilai dari Cs tidak perlu diambil lebih dari

$$C_{sx} \max = \frac{Sd1}{T_x \frac{R}{Ie}}$$

$$= \frac{0.5}{1.47 \times \frac{7}{1}}$$

$$= 0.0552$$

$$C_{sy} \max = \frac{Sd1}{T_y \frac{R}{Ie}}$$

$$= \frac{0.5}{1.25 \times \frac{2}{1}}$$

$$= 0.0567$$

$$C_s \min = 0.044 \times S_{DS} \times I_c > 0.01$$

$$= 0.044 \times 0.61 \times 1$$

$$= 0.0267$$

Dari hasil perhitungan diatas digunakan koefisien respons seismic sebagai berikut:

$$C_{sx} = 0.0552$$

$$C_{sy} = 0.0567$$

Perhitungan gaya geser dasar menggunakan berat seismic dari perhitungan program bantu ETABS menggunakan beban hidup sebesar 25 persen dengan hasil seperti pada tabel 4.12

Tabel 4. 14 Berat Seismik Struktur

Story	Diaphragm	TABLE: Centers of Mass and Rigidity					
		Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y
		kg	kg	m	m	kg	kg
Story15	D1	699598.8	699599	22.3	9.3	699598.8	699598.8
Story14	D1	961291.5	961292	22.4	9.3	1660890.33	1660890.33
Story13	D1	961291.5	961292	22.4	9.3	2622181.86	2622181.86
Story12	D1	961291.5	961292	22.4	9.3	3583473.39	3583473.39
Story11	D1	961291.5	961292	22.4	9.3	4544764.92	4544764.92
Story10	D1	974953.5	974954	22.5	9.3	5519718.45	5519718.45
Story9	D1	992060.7	992061	22.5	9.3	6511779.18	6511779.18
Story8	D1	992060.7	992061	22.5	9.3	7503839.91	7503839.91
Story7	D1	992060.7	992061	22.5	9.3	8495900.64	8495900.64
Story6	D1	992060.7	992061	22.5	9.3	9487961.37	9487961.37
Story5	D1	1025286	1025286	22.5	9.3	10513247.7	10513247.7
Story4	D1	1061957	1061957	22.6	9.3	11575204.83	11575204.83
Story3	D1	1061957	1061957	22.6	9.3	12637161.96	12637161.96
Story2	D1	1061957	1061957	22.6	9.3	13699119.09	13699119.09
Story1	D1	1061957	1061957	22.6	9.3	14761076.22	14761076.22

$$W = 14761076.22 \text{ kg}$$

Berat seismik efektif yang telah didapatkan pada tabel diatas akan dikalikan dengan koefisien yang telah dihitung sebelumnya.

$$\begin{aligned} V_x &= C_{sx} \times W \\ &= 0.00552 \times 14761076.22 \\ &= 815197.86 \text{ kg} \\ &= 8151.98 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_y &= C_{sy} \times W \\ &= 0.00567 \times 14761076.22 \\ &= 837353.57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 8373.54 \text{ kN}$$

Gaya geser dasar perlu dikontrol dengan gaya geser dinamis pada program ETABS dan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil dari 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) maka perlu dikalikan $0.85 \times \frac{V}{V_t}$. Nilai gaya geser dinamis diperoleh dari program bantu seperti pada Tabel 4.12

Tabel 4. 15 Gaya Geser Dasar Dinamik

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Earthquake-X Max	5610.471	1468.756
Earthquake-Y Max	1683.148	4895.834

$$V_{dx} = 5610.47 \text{ kN}$$

$$V_{dy} = 4895.83 \text{ kN}$$

$$0.85V_x = 6929.18 \text{ kN}$$

$$0.85V_y = 7117.51 \text{ kN}$$

Karena gaya geser dinamik kurang dari 85% gaya geser static maka gaya yang bekerja perlu dikalikan dengan faktor skala sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1.

$$\text{Skala gaya arah X} = \frac{0.85V_x}{V_{dx}} = 1.235$$

$$\text{Skala gaya arah Y} = \frac{0.85V_y}{V_{dy}} = 1.454$$

Faktor skala yang telah didapatkan kemudian analisa ulang pada program bantu ETABS dengan mengalikan gaya gempa dinamik dengan *scale factor* sesuai dengan yang telah dihitung untuk masing-masing arah. Setelah dilakukan analisa struktur

ulang didapatkan gaya geser dinamik struktur seperti pada Tabel 4.14

Tabel 4. 16 Gaya Geser Dasar Dinamik Setelah Faktor

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Earthquake-X Max	6957.0214	1821.2507
Earthquake-Y Max	2457.4153	7147.9419

$$V_{dx} = 6957.02 \text{ kN}$$

$$V_{dy} = 7147.94 \text{ kN}$$

$$0.85V_x = 6929.18 \text{ kN}$$

$$0.85V_y = 7117.51 \text{ kN}$$

Hasil dari analisa ulang tersebut sudah menunjukan bahwa gaya geser dinamik pada program bantu ETABS sudah memenuhi syarat SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1.

4.4.5 Kontrol Dual System

Gaya yang bekerja pada struktur dengan sistem ganda harus dikontrol dengan syarat rangka harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan. Berikut Gaya yang bekerja pada rangka dan dinding geser.

Tabel 4. 17 Gaya Pada Shearwall

Story	Load Case	FX	Load Case	FY
		kN		kN
Base	E-X Max	331.688	E-Y Max	460.5972
Base	E-X Max	331.759	E-Y Max	460.5991
Base	E-X Max	284.143	E-Y Max	422.8856
Base	E-X Max	284.454	E-Y Max	422.854
Base	E-X Max	235.763	E-Y Max	1014.869
Base	E-X Max	235.865	E-Y Max	1014.846
Base	E-X Max	521.236	E-Y Max	4.5908
Base	E-X Max	2.6891	E-Y Max	227.7411
Base	E-X Max	2.6895	E-Y Max	227.7583
Base	E-X Max	521.471	E-Y Max	4.593
Base	E-X Max	572.398	E-Y Max	4.7449
Base	E-X Max	3.5785	E-Y Max	174.2563
Base	E-X Max	3.5785	E-Y Max	174.3087
Base	E-X Max	572.242	E-Y Max	4.7407
Base	E-X Max	696.33	E-Y Max	5.072
Base	E-X Max	696.241	E-Y Max	5.0722
Total =		3327.73		4440.3

$$V_{swx} = 3327 \text{ kN}$$

$$V_{swy} = 4440.3 \text{ kN}$$

Gaya pada shearwall tersebut dibandingkan dengan total gaya yang bekerja pada struktur dan harus memiliki nilai kurang dari 75%. Total perbandingan gaya yang bekerja dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Presentase Gaya Pada Shearwall

Vrx	6957.02	kN
Vry	7147.94	kN
Vswx	3327.73	kN
Vswy	4440.33	kN
Persentase X	47.83	%
Persentase Y	62.12	%

Dari tabel diatas didapatkan persentase dari dinding geser sudah kurang dari 75% sehingga sudah memenuhi syarat sebagai sistem ganda.

4.4.6 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 bahwa partisipasi massa ragam terkombinasi haruslah paling sedikit sebesar 90%.

Tabel 4. 19 Partisipasi Massa Permodelan

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	99.98	94.56
Modal	Acceleration	UY	99.97	93.62
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Dari Tabel 4.17 didapatkan bahwa partisipasi massa baik untuk arah x dan y sudah melebihi 90% sehingga sudah memenuhi syarat yang ada.

4.4.7 Kontrol Drift

Simpangan yang terjadi pada struktur harus memenuhi syarat sesuai dengan SNI 1726:2012 untuk kategori risiko I dan

sistem struktur lainnya, dimana simpangan ijin yang bekerja harus kurang dari 0.020 h. Perhitungan simpangan yang terjadi pada struktur adalah sebagai berikut:

$$\delta_{ijin} = 0.020 \text{ h}$$

$$= 0.020 \times 3200$$

$$= 64 \text{ mm}$$

$$\delta_{e15} = 44.27 \text{ mm}$$

$$\delta_{e14} = 42.836 \text{ mm}$$

$$\delta_{xe} = \delta_{e15} - \delta_{e14}$$

$$= 1.436 \text{ mm}$$

$$\delta_x = \delta_{xe} \times C_d$$

$$= 1.436 \times 5.5$$

$$= 7.9 \text{ mm}$$

$$\delta_x < \delta_{ijin} (\text{OK!})$$

Rekapitulasi perhitungan simpangan struktur untuk masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 4.18 untuk arah X dan Tabel 4.19 untuk arah Y.

Tabel 4. 20 Simpangan Struktur Arah X

Story	Load Case /Combo	Dir	δ Total	δ xe	Cd	δ x	Tinggi Tingkat	δ Izin	Cek
			mm	mm		mm	mm	mm	
15	Ex Max	X	44.272	1.436	5.5	7.90	3200	64	OK
14	Ex Max	X	42.836	1.682	5.5	9.25	3200	64	OK
13	Ex Max	X	41.154	1.98	5.5	10.89	3200	64	OK
12	Ex Max	X	39.174	2.302	5.5	12.66	3200	64	OK
11	Ex Max	X	36.872	2.626	5.5	14.44	3200	64	OK
10	Ex Max	X	34.246	2.865	5.5	15.76	3200	64	OK
9	Ex Max	X	31.381	3.147	5.5	17.31	3200	64	OK
8	Ex Max	X	28.234	3.401	5.5	18.71	3200	64	OK
7	Ex Max	X	24.833	3.622	5.5	19.92	3200	64	OK
6	Ex Max	X	21.211	3.813	5.5	20.97	3200	64	OK
5	Ex Max	X	17.398	4.487	5.5	24.68	3700	74	OK
4	Ex Max	X	12.911	4.402	5.5	24.21	3700	74	OK
3	Ex Max	X	8.509	3.98	5.5	21.89	3700	74	OK
2	Ex Max	X	4.529	3.096	5.5	17.03	3700	74	OK
1	Ex Max	X	1.433	1.433	5.5	7.88	3700	74	OK

Tabel 4. 21 Simpangan Struktur Arah Y

Story	Load Case /Combo	Dir	δ Total	δ ye	Cd	δ y	Tinggi Tingkat	δ Izin	Cek
			mm	mm		mm	mm	mm	
15	Ey Max	Y	63.44	3.12	5.5	17.15	3200	64	OK
14	Ey Max	Y	60.32	3.44	5.5	18.90	3200	64	OK
13	Ey Max	Y	56.88	3.73	5.5	20.50	3200	64	OK
12	Ey Max	Y	53.15	4.02	5.5	22.13	3200	64	OK
11	Ey Max	Y	49.13	4.34	5.5	23.84	3200	64	OK
10	Ey Max	Y	44.80	4.40	5.5	24.17	3200	64	OK
9	Ey Max	Y	40.40	4.63	5.5	25.44	3200	64	OK
8	Ey Max	Y	35.78	4.78	5.5	26.30	3200	64	OK
7	Ey Max	Y	30.99	4.62	5.5	25.39	3200	64	OK
6	Ey Max	Y	26.38	4.62	5.5	25.42	3200	64	OK
5	Ey Max	Y	21.76	5.33	5.5	29.33	3700	74	OK
4	Ey Max	Y	16.43	5.28	5.5	29.03	3700	74	OK
3	Ey Max	Y	11.15	4.93	5.5	27.09	3700	74	OK
2	Ey Max	Y	6.22	4.11	5.5	22.62	3700	74	OK
1	Ey Max	Y	2.11	2.11	5.5	11.60	3700	74	OK

4.5 Perencanaan Struktur Primer

Struktur primer adalah struktur utama yang menahan seluruh beban yang bekerja pada struktur baik beban gravitasi maupun beban lateral seperti beban gempa. Pada subbab ini akan dilakukan perencanaan struktur primer berupa balok induk, kolom, dan dinding geser. Berikut perhitungan perencanaan struktur primer untuk modifikasi apartemen La Viz.

4.5.1 Perencanaan Balok Induk

Struktur modifikasi gedung Apartemen La Viz akan menggunakan balok dengan dimensi yang beragam diantaranya sebagai berikut:

- BI 1 = 45/70 mm
- BI 2 = 40/60 mm
- BI 3 = 40/60 mm
- BI 4 = 45/70 mm
- BI 5 = 40/60 mm
- BI 6 = 30/45 mm
- BI 7 = 40/60 mm
- BA 1 = 30/45 mm
- BA 2 = 30/45 mm

Pada perhitungan selanjutnya akan digunakan balok induk 4 (BI4) sebagai contoh perhitungan perencanaan balok induk.

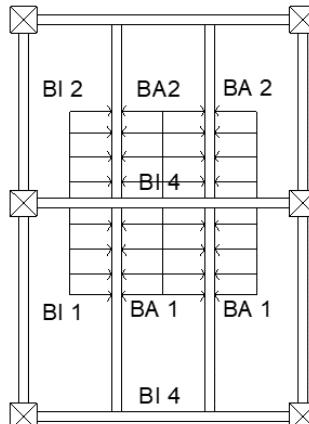
4.5.1.1 Data Perencanaan Balok Induk

Berikut data perencanaan yang digunakan dalam perhitungan balok induk pada struktur modifikasi gedung Apartemen La Viz:

- Dimensi Balok Setelah Komposit = 700x450 mm
- Dimensi Balok Sebelum Komposit = 550x450mm
- Tebal Overtopping =150mm
- Mutu Beton (f'_c) =40Mpa
- Mutu Tulangan (f_y) =420MPa
- D_{lentur} =25mm
- $D_{sengkang}$ =13mm
- Cover (d') =50mm

4.5.1.2 Pembebanan Balok Induk

Beban pada balok induk adalah beban mati sendiri dari balok dan seluruh beban yang diterima pelat diatasnya dan beban dari balok anak yang menumpu pada balok induk.



Gambar. 4. 17 Distribusi Beban Pada Balok Induk (BI4)

- Sebelum Komposit
 - Beban Mati Merata

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri Balok} &= b \times h_{\text{sebelum komposit}} \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.45 \times 0.55 \times 2400 \\ &= 594 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Overtopping} &= b \times h_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.45 \times 0.15 \times 2400 \\ &= 162 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_d &= 756 \text{ kg/m} \\ q_u &= 1.4 \times q_d \\ &= 1058.4 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Beban Terpusat
Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri Balok} &= b \times h \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.45 \times 0.3 \times 6.5 \times 2400 \\ &= 2106 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Pelat} &= \text{luasan area} \times t_p \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 2.8 \times 6.05 \times 0.15 \times 2400 \\ &= 6098.4 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$P_d = 8204.4 \text{ kg}$$

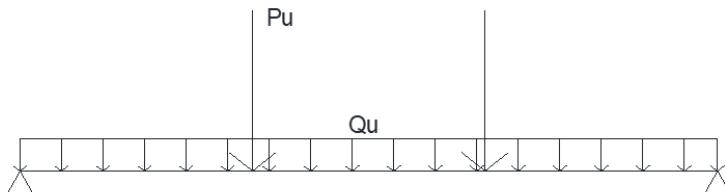
Beban hidup

$$\text{Beban hidup} = 2.8 \times 6.05 \times 100$$

$$= 1964 \text{ kg}$$

$$P_u = 1.2 \times P_d + 1.6 P_L$$

$$= 12555.68 \text{ Kg}$$



Gambar. 4. 18 Skema Pembebatan Balok Induk

- Saat Pengangkatan
 - Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri Balok} &= b \times h_{\text{sebelum komps}} \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.45 \times 0.55 \times 2400 \\ &= 216 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Kombinasi Pembebatan

$$qd = 216 \text{ kg/m}$$

$$qu = 1.4 \times qd$$

$$= 302.4 \text{ kg/m}$$

- Setelah Komposit

Gaya yang bekerja pada balok induk setelah komposit didapatkan dari program ETABS, sebagai berikut:

$$M_{\text{tumpuan} -} = 50401.74 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{tumpuan} +} = 25017.75 \text{ kg.m}$$

$$M_{lapangan}^- = 11578.815 \text{ kg.m}$$

$$M_{lapangan}^+ = 23157.63 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 21958 \text{ kg.m}$$

$$T_u = 53.44 \text{ kN.m}$$

4.5.1.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk

Perhitungan tulangan lentur pada balok induk meliputi saat balok sebelum komposit, saat pengangkatan, dan saat balok sudah komposit. Ratio dan batas tulangan sesuai SNI 2847:2013 sebagai berikut:

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

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'c}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \times \frac{600}{600 + fy} \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B})$$

$$\rho b = 0.0364$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho b \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B})$$

$$\rho_{\max} = 0.0273$$

$$\rho_{\min 1} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min 1} = 0.00376$$

$$\rho_{\min 2} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min 2} = 0.0033$$

$$\rho_{\min \text{ pakai}} = 0.00376$$

- Penulangan Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} dx &= h - d - D_s - g_k - 1/2 D_b \\ &= 550 - 50 - 13 - 12.5 \\ &= 462 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada balok induk sebelum komposit, momen dihitung dengan asumsi balok dalam kondisi tertumpu sederhana sehingga momen tumpuan ditiadakan.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} \times q_u \times l^2 + P \times a \\ &= \frac{1}{8} \times 1058.4 \times 8.4^2 + 12555.7 \times 2.8 \\ &= 44490.9 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Tulangan Tumpuan

Momen pada tumpuan saat sebelum komposit tidak ada maka dalam perhitungan ini digunakan rasio tulangan minimum untuk tulangan tarik dan tulangan tekan pada tumpuan.

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\ &= 0.00376 \times 450 \times 462 \\ &= 782.66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As(D25) &= 0.25 \times \pi \times 25^2 \\
 &= 490.625 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (D25)} \\
 &= 1.59 \\
 &= 2 \text{ tulangan} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d \text{ sengkang}}{n-1} \\
 &= \frac{450 - 2 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 13}{2-1} \\
 &= 274 \text{ mm} \\
 S \text{ min} &= 25 \text{ mm (OKE! } S > S \text{ min)} \\
 As \text{ Pakai} &= n \times As (D 25) \\
 &= 981.25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur tumpuan balok induk 2D25.

- Tulangan Tarik Lapangan

$$\begin{aligned}
 dx &= 462 \text{ mm} \\
 Mu &= 44490.9 \text{ kgm} \\
 &= 444909920 \text{ Nmm} \\
 Mn &= Mu/\emptyset \\
 \emptyset &= 0.9 (\text{SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.1}) \\
 Mn &= 556137400 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{556137400}{450 \times 462^2} \\
 &= 5.147 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f' c}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 5.147}{0.85 \times 40}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= 0.01238
 \end{aligned}$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.01336$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.01336 \times 450 \times 462 \\
 &= 2776.69 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D25)}} \\ &= 5.7 \\ &= 6 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d \text{ sengkang}}{n-1} \\ &= \frac{450 - 6 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 13}{6-1} \\ &= 35 \text{ mm} \\ S \text{ min} &= 25 \text{ mm} (\text{OKE! } S > S \text{ min}) \\ \text{As Pakai} &= n \times \text{As (D 25)} \\ &= 2943.75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur positif lapangan balok induk 6D25.

- Tulangan Tekan Lapangan

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\ &= 0.00376 \times 450 \times 462 \\ &= 782.6 \text{ mm}^2 \\ As(\text{D25}) &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ As(\text{D25}) &= \frac{1}{4} \pi 25^2 \\ As(\text{D25}) &= 490.625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D25)}} \\ &= 1.59 \\ &= 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{b - n \times d_b - 2 \times d' - 2 \times d \text{ sengkang}}{n-1} \\ &= \frac{450 - 2 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 13}{2-1} \\ &= 274 \text{ mm} \\ S \text{ min} &= 25 \text{ mm (OKE! } S > S \text{ min)} \\ \text{As Pakai} &= n \times \text{As (D 25)} \\ &= 981.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur positif lapangan balok induk 2D25.

- Penulangan Setelah Komposit

$$\begin{aligned} dx &= h - d' - D_{\text{sengkang}} - 1/2 D_b \\ &= 700 - 50 - 13 - 12.5 \\ &= 624.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan setelah komposit sesuai dengan beban yang telah dihitung dengan program bantu analisa struktur ETABS.

- Tulangan Tarik Tumpuan

$$\begin{aligned} dx &= 624.5 \text{ mm} \\ Mu &= 50401.74 \text{ kgm} \\ &= 504017400 \text{ Nmm} \\ Rn &= \frac{Mu}{0.9 \times b \times d^2} \end{aligned}$$

$$= \frac{504017400}{450 \times 624.5^2} \\ = 3.191 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.191}{0.85 \times 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00799$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00799$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ = 0.00799 \times 450 \times 624.5 \\ = 2245.9 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_s_{\text{perlu}}}{A_s (\text{D25})} \\ = 4.57 \\ = 5 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n \times d b - 2 \times d' - 2 \times d_{\text{sengkang}}}{n-1} \\
 &= \frac{450 - 5 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 13}{5-1} \\
 &= 50 \text{ mm} \\
 S_{\text{min}} &= 25 \text{ mm} (\text{OKE! } S > S_{\text{min}}) \\
 A_{\text{Pakai}} &= n \times A_s (D = 25) \\
 &= 2453.125 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur positif tumpuan balok induk 5D25.

- Tulangan Tekan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 d_x &= 624.5 \text{ mm} \\
 M_u &= 25017.75 \text{ kgm} \\
 &= 250177500 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_u}{0.9 \times b \times d^2} \\
 &= \frac{250177500}{450 \times 624.5^2} \\
 &= 1.584 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0.85 \times f'_c}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.584}{0.85 \times 40}} \right) \\
 \rho_{\text{perlu}} &= 0.0386 \\
 \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan $\rho = 0.00386$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\ &= 0.00386 \times 450 \times 624.5 \\ &= 1085.7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$As (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$As (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$As (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As (\text{D25})} \\ &= 2.2 \\ &= 3 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d_{\text{sengkang}}}{n-1} \\ &= \frac{450 - 3 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 13}{3-1} \\ &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min}} = 25 \text{ mm (OKE! } S > S_{\text{min}})$$

$$\begin{aligned} As_{\text{Pakai}} &= n \times As (\text{D 25}) \\ &= 1471.875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur negatif tumpuan balok induk 3D25.

- Kontrol Tulangan Rangkap

$$A_s = 2453.12 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 1471.87 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{As}{b \times d}$$

$$= \frac{2453.12}{450 \times 624.5}$$

$$= 0.008729$$

$$\rho' = \frac{As'}{b \times d}$$

$$= \frac{1471.87}{450 \times 624.5}$$

$$= 0.00523$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 f' c d'}{d x f y} \times \beta 1 \times \frac{600}{600 - f y}$$

$$= \frac{0.85 \times 40 \times 50}{624.5 \times 420} \times \beta 1 \times \frac{600}{600 - 420}$$

$$= 0.0165$$

$$\rho - \rho' = 0.0035$$

$\rho - \rho' < \rho_{cy}$ (Tulangan tekan belum leleh)

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta 1 \times f' c}{(\rho - \rho') \times f y} \times \frac{d'}{d} \right| < f y$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{(0.0035) \times 420} \times \frac{50}{624.5} \right| < 420$$

$$f_s = 251.21 < 420 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{As \times f y - As' \times f s}{0.85 \times b \times f c}$$

$$= \frac{2453.12 \times 420 - 1471.87 \times 251.21}{0.85 \times 450 \times 40}$$

$$= 43.17 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85f'c a b \left(d - \frac{a}{2}\right) + As'(fs - 0.85fc)(d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 40 \times 43.17 \times 450 \left(624.5 - \frac{43.17}{2}\right) + \\ 1471.87 (251.21 - 0.85 \times 40)(624.5 - 50)$$

$$= 581932900.5 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times M_n$$

$$= 0.9 \times 581932900.5$$

$$= 523739610.4 \text{ Nmm} > M_u = 504017400 \text{ Nmm}$$

- Kontrol regangan batas:

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times b \times f'c}$$

$$= \frac{2453.125 \times 420}{0.85 \times 450 \times 40}$$

$$= 67.34 \text{ mm}$$

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

$$= 88.1$$

$$\text{et } \epsilon t = \frac{d-c}{c} \times 0.003$$

$$= 0.01826 > 0.005 \text{ (OKE!!)}$$

- Tulangan Tarik Lapangan

$$dx = 624.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 23157.63 \text{ kgm} \\ &= 231576300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{0.9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{231576300}{450 \times 624.5^2} \\ &= 1.466 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.466}{0.85 \times 40}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0.00357 \end{aligned}$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00376$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\ &= 0.00376 \times 450 \times 624.5 \\ &= 1057.9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (D25)} \\ &= 4 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d \text{ sengkang}}{n-1} \\ &= \frac{450 - 4 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 13}{4-1} \\ &= 75 \text{ mm} \\ S \text{ min} &= 25 \text{ mm (OKE! } S > S \text{ min)} \\ As \text{ Pakai} &= n \times As (D 25) \\ &= 1962.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur positif lapangan balok induk 4D25.

- Tulangan Tekan Lapangan

$$\begin{aligned} dx &= 624.5 \text{ mm} \\ Mu &= 11578.82 \text{ kgm} \\ &= 115788150 \text{ Nmm} \\ Rn &= \frac{Mu}{0.9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{115788150}{450 \times 624.5^2} \\ &= 0.733 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f'c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0.733}{0.85x40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00176$$

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

Sehingga digunakan $\rho = 0.00376$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} x b x d \\ &= 0.00376 x 450 x 624.5 \\ &= 1057.9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (\text{D25}) = \frac{1}{4} \pi 25^2$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (\text{D25})} \\ &= 2.15 \\ &= 3 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{b - n x db - 2 x d' - 2 x d_{\text{sengkang}}}{n-1} \\ &= \frac{450 - 3 x 25 - 2 x 50' - 2 x 13}{3-1} \\ &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min}} = 25 \text{ mm} (\text{OKE! } S > S_{\text{min}})$$

$$A_{\text{Pakai}} = n x A_s (\text{D 25})$$

$$= 1471.87 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan lentur negatif lapangan balok induk 3D25.

- Kontrol Tulangan Rangkap

$$As = 1962.5 \text{ mm}^2$$

$$As' = 1471.8 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{As}{b \times d} \\ &= \frac{1962.5}{450 \times 624.5} \\ &= 0.00698\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho' &= \frac{As'}{b \times d} \\ &= \frac{1471.87}{450 \times 624.5} \\ &= 0.00523\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{cy} &= \frac{0.85 f' c d'}{d \times fy} \times \beta 1 \times \frac{600}{600-fy} \\ &= \frac{0.85 \times 40 \times 50}{624.5 \times 420} \times \beta 1 \times \frac{600}{600-420} \\ &= 0.0165\end{aligned}$$

$$\rho - \rho' = 0.0035$$

$\rho - \rho' < \rho_{cy}$ (Tulangan tekan belum leleh)

$$fs = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta 1 \times f' c}{(\rho - \rho') \times fy} \times \frac{d'}{d} \right| < fy$$

$$fs = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{(0.00175) \times 420} \times \frac{50}{624.5} \right| < 420$$

$$f_s = 600 < 420 \text{ MPa}$$

$$f_s = 420 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times fy - As' \times fs}{0.85 \times b \times fc} \\ &= \frac{1962.5 \times 420 - 1471.87 \times 420}{0.85 \times 450 \times 40} \end{aligned}$$

$$= 13.47 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f' c a b \left(d - \frac{a}{2} \right) + As'(fs - 0.85fc)(d - d')$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0.85 \times 40 \times 13.47 \times 450 \left(624.5 - \frac{13.47}{2} \right) + \\ &1471.87 (420 - 0.85 \times 40)(624.5 - 50) \end{aligned}$$

$$= 605903570.4 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times M_n$$

$$= 0.9 \times 605903570.4$$

$$= 545313213.3 \text{ Nmm} > M_u = 231576300 \text{ Nmm}$$

- Kontrol Balok T

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 8.12.2 lebar efektif slab sebagai balok-T tidak boleh melebihi:

$$b_{e1} = \frac{L}{4}$$

$$= \frac{8400}{4}$$

$$= 2100 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = b_w + 2 \times 8 \times tp$$

$$= 450 + 2 \times 8 \times 150$$

$$= 2850 \text{ mm}$$

$b_{e3} = b_w + \text{setengah jarak bersih ke badan disebelahnya}$

$$= 450 + (5600 + 6500)$$

$$= 3700 \text{ mm}$$

$b_e \text{ pakai} = 2100 \text{ mm}$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times be \times fc}$$

$$= \frac{1962.5 \times 420}{0.85 \times 2100 \times 40}$$

$$= 11.54 \text{ mm}$$

$$tp = 150 \text{ mm}$$

$a < tp$ (asumsi balok sebagai balok kotak)

$$M_n = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1962.5 \times 420 \times \left(624.5 - \frac{11.54}{2} \right)$$

$$= 637483131.9 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times M_n$$

$$= 0.9 \times 637483131.9 / 1000$$

$$= 57373.48 > M_u = 23157.63 \text{ kg.m}$$

- Kontrol regangan

$$a = 11.54 \text{ mm}$$

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

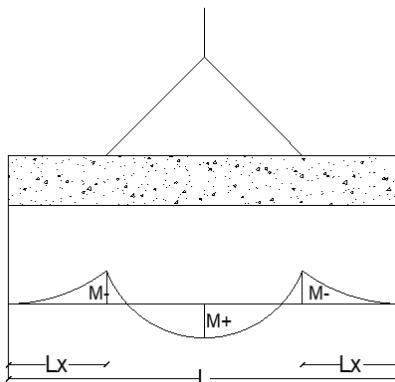
$$= 15.1$$

$$\varepsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0.003$$

$$= 0.121 > 0.005 \text{ (OKE!!)}$$

- Penulangan Saat Pengangkatan

Balok induk direncanakan untuk melalui proses pengangkatan dengan dua titik angkat. Beban yang bekerja dan penulangan balok induk akibat proses pengangkatan adalah sebagai berikut:



Gambar. 4. 19 Skema Pengangkatan Balok Induk

$$dx = h-d'-D_{sengkang}-1/2 D_b$$

$$= 550-50-14-12.5$$

$$= 462 \text{ mm}$$

$$y_t = y_b$$

$$\frac{h}{2}$$

$$= 27.5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} yc &= yt + 5 \\ &= 32.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Balok anak direncanakan diangkat dengan sudut angkat 45° .

$$L = 8.4 \text{ m}$$

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

$$= 0.2783$$

$$\begin{aligned} Lx &= 8.4 \times 0.2783 \\ &= 233.78 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$W = 831.6 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} +M &= \frac{WL^2}{8} x (1 - 4x + \frac{4 Yc}{L x \tan \theta}) \\ &= 2272.48 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -M &= \frac{WX^2 L^2}{2} \\ &= 2272.48 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Karena momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk tulangan tumpuan dan lapangan direncanakan menggunakan rasio tulangan minimum.

$$\begin{aligned}
 As \text{ perlu} &= \rho \times bw \times dx \\
 &= 268.2289087 \text{ mm}^2 \\
 As(D25) &= 0.25 \times \pi \times d^2 \\
 &= 490.625 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (D25)} \\
 &= 0.5467 \\
 &= 2 \text{ tulangan} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{b - n \times db - 2 \times d' - 2 \times d \text{ sengkang}}{n-1} \\
 &= \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 50' - 2 \times 10}{2-1} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 S \text{ min} &= 25 \text{ mm (OKE! } S > S \text{ min)} \\
 As \text{ Pakai} &= n \times As (D 25) \\
 &= 981.25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur 2D25 baik lapangan maupun tumpuan saat pengangkatan balok induk.

4.5.1.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk

- Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = \frac{1}{2} \times qu \times L + P$$

$$= 0.5 \times 1058.4 \times 8.4 + 11486.16$$

$$= 15931 \text{ kg}$$

$$= 159.31 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$= 219145.84 \text{ N}$$

$$= 219.145 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c$$

$$= 186.27 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 93.136 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c$$

maka dipasang tulangan geser minimum

$$V_{s \min} = 0.064 \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$= 0.064 \sqrt{40} \times 450 \times 462$$

$$= 84152 \text{ N}$$

$$= 84.15 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 265.33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{Av \times fy \times dx}{Vs}$$

$$= 826 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 syarat jarak Sengkang maksimum untuk daerah tumpuan tidak

boleh lebih besar dari nilai terkecil dari persamaan dibawah ini:

$$\frac{d}{4} = \frac{462}{4} = 156.1 \text{ mm}$$

$$6 \times d = 150 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan sengkang tumpuan D10-150 mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 syarat jarak Sengkang maksimum untuk daerah lapangan tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil dari persamaan dibawah ini:

$$\frac{d}{2} = \frac{462}{2} = 231 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan sengkang tumpuan D10-200 mm

- Tulangan Geser Setelah Komposit

Tulangan geser setelah komposit dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 dengan Momen nominal maksimum yang didapat dari momen nominal tulangan tumpuan yang terpasang dengan mengasumsikan tumpuan kanan dan kiri memiliki tulangan dengan jumlah yang sama. Perhitungan tulangan geser sebagai berikut

$$M_{pr} = As \times 1.25 \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times b \times f'c}$$

untuk tulangan tumpuan atas dengan jumlah 5D25

$$As = 2453.125 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{2453.125 \times 420}{0.85 \times 450 \times 40}$$

$$= 84.175 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 2453.125 \times 1.25 \times 420 \times \left(624.5 - \frac{84.175}{2} \right)$$

$$= 750083046.2 \text{ Nmm}$$

$$= 750.083 \text{ kNm}$$

Tabel 4. 22 Perhitungan Mpr balok induk

Lokasi			n	As perlu (mm2)	a (mm)	Mpr (kNm)
Tumpuan	Kiri	Atas	5	2453.13	84.18	750.08
		Bawah	3	1471.88	50.51	463.06
	Kanan	Atas	5	2453.13	84.18	750.08
		Bawah	3	1471.88	50.51	463.06

$$M_{pr1} = 750.08 \text{ kNm}$$

$$M_{pr2} = 463.06 \text{ kNm}$$

$$L = 8.4 \text{ m}$$

$$W_u (1.2 D + 1.0 L) = 29.353 \text{ kNm}$$

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \pm \frac{W_u \times l}{2}$$

$$= \frac{750.08 + 463.06}{8.4} \pm \frac{29.353 \times 8.4}{2}$$

$$V_{u1} = 492.09 \text{ kN}$$

$$V_{u2} = 721.05 \text{ kN}$$

- Tulangan Geser Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 kekuatan dari geser (V_c) bisa tidak diperhitungakan apabila:

- Gaya geser yang timbul akibat gempa $> 0.5 V_u$

$$\frac{M_{pr\ 1} + M_{pr2}}{L} > 0.5 V_u$$

$$\frac{750.08 + 463.06}{8.4} > 0.5 \times 219.58$$

$$155.53 > 109.79 \text{ kN (OK!)}$$

- $P_u < \frac{A_g x f_y}{20}$

$$219.58 < 2520 \text{ kN (OK!)}$$

Sehingga $V_c = 0$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{848.3}{0.85} \\ &= 848.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s\ min} &= 0.064 \sqrt{f'c} x b x d \\ &= 0.064 \sqrt{40} x 450 x 624.5 \\ &= 332506.92 \text{ N} \\ &= 332.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s\ max} &= 0.66 \sqrt{f'c} x b x d \\ &= 0.66 \sqrt{40} x 450 x 624.5 \\ &= 867817 \text{ N} \\ &= 367.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{s\ min} < V_u < V_{s\ max} \text{ (OK!)}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 265.33 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{\int A v x f_y x dx}{v_s} \\
 &= 82.04 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sengakng untuk daerah sendi plastis sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.5.3 harus dipasang sejajar

$$2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 syarat jarak Sengkang maksimum untuk daerah tumpuan tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil dari persamaan dibawah ini:

$$\frac{d}{4} = \frac{624.5}{4} = 156 \text{ mm}$$

$$6 \times d = 150 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan sengkang pada daerah sendi plastis D13-75mm

- Tulangan Geser Diluar Sendi Plastis

$$\begin{aligned}
 V_u &= 219.58 \text{ kN} \\
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 296226.36 \text{ N} \\
 &= 296.226 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c$$

$$= 251.8 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 125.9 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c$$

maka dipasang tulangan geser minimum

$$V_{s \min} = 0.064 \sqrt{f'c} x b x d$$

$$= 332.5 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 265.33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{Av x f_y x dx}{Vs}$$

$$= 209.3 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 syarat jarak Sengkang maksimum untuk daerah lapangan tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil dari persamaan dibawah ini:

$$\frac{d}{2} = \frac{624.5}{2} = 312.25 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan sengkang diluar sendi plastis D13-200 mm

4.5.1.5 Perhitungan Tulangan Torsi Balok Induk

Perencanaan tulangan torsi sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$T_u = 53.44 \text{ kNm}$$

$$A_{cp} = 700 \times 450$$

$$= 315000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (700 + 450)$$

$$= 2300 \text{ mm}$$

$$T_{cr} = \emptyset 0.083 \sqrt{f'c} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$= 0.85 \times 0.083 \sqrt{40} \left(\frac{315000^2}{2300} \right)$$

$$= 16984885.48 \text{ Nmm}$$

$$= 16.98 \text{ kNm}$$

$T_u > T_{cr}$, sehingga diperlukan tulangan torsi.

Sesuai pasal 11.5.2.2 momen torsi dapat direduksi sampai nilai sebagai berikut:

$$T_{u\ max} = \emptyset 0.33 \sqrt{f'c} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$= 0.85 \times 0.33 \sqrt{40} \left(\frac{315000^2}{2300} \right)$$

$$= 67530267.57 \text{ Nmm}$$

$$= 67.53 \text{ kNm}$$

$T_u < T_{u\ max}$, sehingga digunakan T_u .

Kontrol penampang balok induk sebagai berikut:

$$A_{oh} = (b - 2 \times d' - 2 \times d_{sengkang}) \times (h - 2 \times d' - 2 \times d_{sengkang})$$

$$= 197819 \text{ mm}^2$$

$$P_{oh} = 2x [(b - 2 \times d' - 2 \times d_{sengkang}) + (h - 2 \times d' - 2 \times d_{sengkang})]$$

$$= 1848 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} x \sqrt{f'c} x b x d \\
 &= 296226.36 \text{ N} \\
 &= 296.226 \text{ kN} \\
 V_u &= 219580 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b x d}\right)^2 + \left(\frac{T_u x Poh}{1.7 x Aoh^2}\right)^2} \leq \left(\frac{Vc}{b x d} + 0.66 \sqrt{f'c}\right)$$

$1.4865 \leq 3.921$ (Penampang memenuhi)

Perhitungan tulangan torsi sesuai pasal 11.5.3.6 sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 \frac{T_u}{\phi} &= \frac{2 x Ao x At x fy}{s} \cot \theta \\
 \theta &= 45^\circ \\
 \frac{At}{s} &= \frac{T_u}{\phi x 2 x Ao x fy x \cot \theta} \\
 &= 0.4288 \text{ mm}^2/\text{mm}/one leg
 \end{aligned}$$

Tulangan Longitudinal:

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{At}{s} x po h x \frac{fy t}{fy} x \cot 2\theta \\
 &= 792.43 \text{ mm}^2 \\
 A_{t \min} &= \frac{0.42 x \sqrt{f'c} x Ac p}{fy} - \frac{At}{s} Po h \frac{fy t}{fy} \\
 A_{t \min} &= 1199.8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$A_t < A_{t \min}$, sehingga digunakan $A_{t \min}$

Tulangan longitudinal torsi didistribusikan 25% ke masing-masing sisi dengan jumlah tulangan untuk sisi samping:

$$\begin{aligned} A &= 50\% \times A_t \\ &= 0.5 \times 1199.8 \\ &= 599.9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s (\text{D25}) = 490.6 \text{ mm}^2$$

n tulangan = 1.22 = 2 tulangan samping

Sehingga digunakan tulangan samping 2D25.

Tulangan Geser:

$$\begin{aligned} \frac{Av}{s} &= \frac{Vs}{fy \times d} \\ &= \frac{Vs}{fy \times d} \\ &= \frac{258329.4}{420 \times 624.5} \\ &= 0.985 \text{ mm}^2/\text{mm/two leg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{Avt}{s} &= \frac{2 \times At}{s} + \frac{Av}{s} \\ &= 1.4137 \text{ mm}^2/\text{mm/two leg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{Av (\text{D13})}{\frac{Avt}{s}} \\ &= 93.84 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{\text{pakai}} = 75 \text{ mm (OK!)}$

4.5.1.5 Pengangkatan Balok Induk

- Perhitungan Gaya

$$\begin{aligned} DL &= h \times b \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.55 \times 0.45 \times 8.4 \times 2400 \\ &= 4989.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$K = 1.2$$

$$\begin{aligned} q &= K \times DL \\ &= 5987.52 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya angkat setiap tulangan (Tu)

$$\begin{aligned} Tu &= \frac{q \times \cos(45)}{2} \\ &= 2116.58 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{ijin} &= \frac{f_y}{1.5} \\ &= 280 \text{ MPa} \\ &= 2800 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 595.58}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0.52 \text{ cm} = 5.2 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan angkat D13

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{f'c}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 1.918 \text{ MPa}$$

$$M(+) = 1439.69 \text{ kgm}$$

$$M(-) = 2272.48 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 45 \times 55^2$$

$$Z = 22687.5 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{Mu}{Z}$$

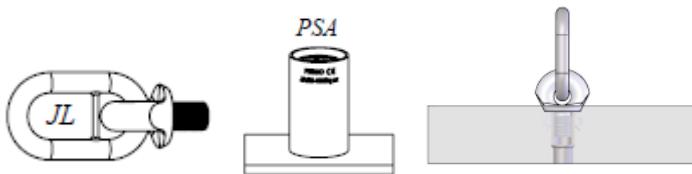
$$\sigma_{max} = \frac{2272.48 \times 10000}{22687500}$$

$$= 1.01 \text{ MPa}$$

σ terjadi < σ ijin (OKE !!)

- Pemilihan Profil

Digunakan produk dari Peikko group yaitu JENKA Lifting System dengan tipe PSA36 dengan kait JL36. Profil ini memiliki safe working load 63 kN untuk masing-masing titik angkat.



Gambar. 4. 20 Profil Pengangkatan Balok

4.5.1.6 Rekapitulasi Perhitungan Balok

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk

Tipe Balok	BI 1		BI 2	
	Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Dimensi	450 x 700 mm		400 x 600 mm	
Bentang	6.5 m		5.6 m	
Tulangan Atas	4 D25	3 D25	3 D25	2 D25
Tulangan Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Tulangan Bawah	3 D25	4 D25	2 D25	3 D25
Sengkang	2D13 - 100	2D13 - 200	2D13 - 125	2D13 - 150
Tulangan Angkat	Jenka PSA 30		Jenka PSA 24	

Tipe Balok	BI 3		BI 4	
	Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Dimensi	400 x 600 mm		450 x 700 mm	
Bentang	5.9 m		8.4 m	
Tulangan Atas	4 D25	2 D25	5 D25	3 D25
Tulangan Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Tulangan Bawah	2 D25	4 D25	3 D25	6 D25
Sengkang	2D13 - 100	2D13 - 150	2D13 - 100	2D13 - 200
Tulangan Angkat	Jenka PSA 24		Jenka PSA 30	

Tipe Balok	BI 5		BI 6	
	Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Dimensi	400 x 600 mm		400 x 600 mm	
Bentang	5.3 m		2.6 m	
Tulangan Atas	5 D25	2 D25	4 D25	2 D25
Tulangan Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Tulangan Bawah	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
Sengkang	2D13 - 75	2D13 - 150	2D13 - 100	2D13 - 150
Tulangan Angkat	Jenka PSA 24		Jenka PSA 24	

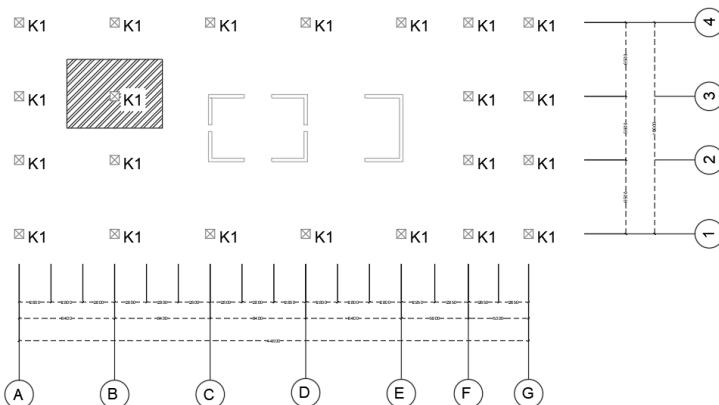
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (2)

Tipe Balok	BI 7	
Posisi	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400 x 600 mm	
Bentang	5.3 m	
Tulangan Atas	3 D25	2 D25
Tulangan Tengah	2 D25	2 D25
Tulangan Bawah	2 D25	3 D25
Sengkang	2D13 - 100	2D13 - 200
Tulangan Angkat	Jenka PSA 24	

4.5.2 Perencanaan Kolom

Kolom direncanakan untuk memikul beban struktur dan untuk diteruskan ke pondasi. Pada tugas akhir ini dibedakan menjadi 3 tipe kolom yaitu sebagai berikut:

- Dimensi kolom lantai 11- Atap = 600 x 600 mm
- Dimensi kolom lantai 6 -10 = 750 x 750 mm
- Dimensi kolom lantai 1-5 = 900 x 900 mm



Gambar. 4. 21 Denah Perencanaan Kolom Pracetak

4.5.2.1 Data Perencanaan Kolom

Data perencanaan kolom yang akan digunakan untuk perencanaan struktur modifikasi apartemen La Viz adalah sebagai berikut:

- Dimensi Kolom = 900 x 900 mm
- f_c = 40 Mpa
- f_y = 420 MPa
- Tinggi Lantai = 3.2 m
- d_b longitudinal = 25 mm
- $d_{sengkang}$ = 13 mm
- d' (cover) = 50 mm

Dalam sub-bab berikutnya akan dilakukan contoh perhitungan kolom tipe 1 (K1). Beban yang digunakan dalam perencanaan kolom menggunakan beban dari program bantu ETABS sebagai berikut:

Tabel 4. 25 Beban Kolom K1

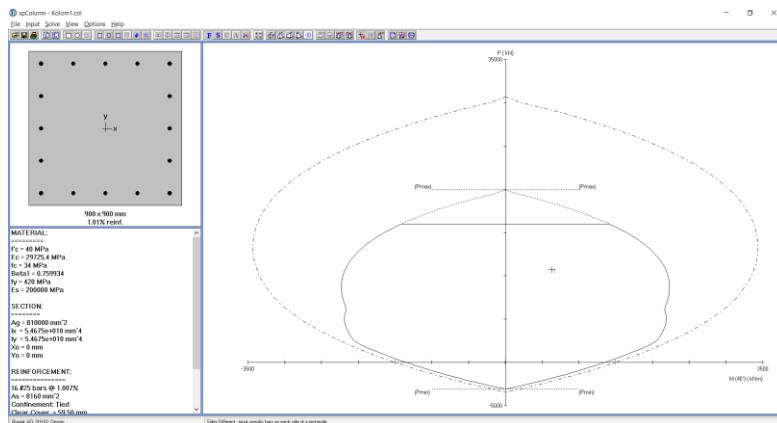
Kombinasi	Pu (kN)	Muy (kN.m)	Mux (kN.m)
1.4 D	-9973.53	13.57	-12.54
1.2D + 1.6L	-10564.44	14.77	-13.66
1.3 D + L + Ex	-10325.87	133.42	382.61
1.3 D + L + Ey	-10419.49	481.03	138.69
0.8D + Ex	-5504.09	126.61	388.91
0.8D + Ey	-5597.70	474.22	144.99
Envelope Max	-5504.09	481.03	388.91
Envelope Min	-10716.01	-458.71	-409.53

Data beban lain yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

- P_u = 10716 kN
- V_u = 145.05 kN
- M_{ux} = 409.53 kNm
- M_{uy} = 481.06 kNm
- T_u = 19.58 kNm

4.5.2.2 Perencanaan Tulangan Longitudinal

Dari beban yang telah didapatkan, perhitungan tulangan longitudinal kolom menggunakan program bantu SpColumn dan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar. 4. 22 Hasil Perhitungan Kolom dari SpColumn

Dari program bantu SpColumn, didapatkan tulangan 16D25, dengan momen nominal dari SpColumn sebesar:

$$\emptyset M_n = 1658 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} = 409.51 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 481.06 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u (\text{OK!})$$

4.5.2.3 Kontrol Dimensi dan Gaya Pada Kolom

- Kontrol Dimensi Kolom

Untuk komponen struktur yang menahan gaya lentur dan gaya aksial, sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 haruslah sebagai berikut:

$$P_u \geq \frac{A_g x f'c}{10}$$

$$10716 \geq \frac{900 \times 900 \times 40/1000}{10}$$

$$10716 \geq 3240 \text{ kN}$$

Selanjutnya dimensi penampang harus meneuhi syarat dari SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1 dan 21.6.1.2.

- Dimensi penampang terpendek $\geq 300 \text{ mm}$
 $900 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} (\text{OK!})$
- Rasio dimensi penampang ≥ 0.4
 $\frac{900}{900} = 1 \geq 0.4$

- Kontrol Rasio Tulangan Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1, bahwa tulangan memanjang (A_{st}) tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ dan tidak boleh lebih dari $0.06 A_g$.

$$\begin{aligned} A_s (\text{D25}) &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 25^2 \end{aligned}$$

$$= 490.625 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 810000 \text{ mm}^2$$

Dari SpColumn didapatkan kebutuhan tulangan 16 D25 dengan total luas tulangan 8160 mm^2 dengan rasio tulangan = 1.01 % sudah memenuhi syarat.

- Kontrol Kapasitas Aksial Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.2 kapasitas aksial aksial kolom dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\varnothing P_n &= 0.8 \times \varnothing [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0.8 \times 0.65 \times [0.85 \times 40 \times (810000 - 8160) + (420 \times 8160)] \\ &= 15958675.2 \text{ N} \\ &= 15958.67 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_u = 10716 \text{ kN}$$

$$\varnothing P_n > P_u (\text{OK!})$$

- Integritas Struktur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 16.5.1.3 kolom pracetak harus mempunyai kekuatan nominal dalam kondisi tarik tidak kurang dari:

$$A_s \times f_y > 1.4 A_g$$

$$8160 \times 420 > 1.4 \times 810000$$

$$3427200 > 1134000 \text{ N}$$

- Kontrol Gaya Geser Rencana

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1, gaya geser desain (V_e) tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisa struktur. Momen maksimum yang terjadi pada kolom diambil dari SpColumn dengan $f_s = 1.25 f_y$. Perhitungan gaya geser desain sebagai berikut:

$$f_s = 1.25 \times f_y = 525 \text{ MPa}$$

$$L_u = 3 \text{ m}$$

$$M_{pr} = 1678.5 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{2 M_{pr}}{L_u} \\ &= \frac{2 \times 1678.5}{3} \end{aligned}$$

$$= 1119 \text{ kN} > V_u = 145.05 \text{ kN (OK!!)}$$

- Kontrol *Strong Column Weak Beam*

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 bahwa momen kapasitas kolom harus didesain 1.2 kali lebih besar dari momen kapasitas balok sesuai arah gempa yang ditinjau. Untuk memenuhi syarat dari *strong column weak beam* dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

Dari SpColumn didapatkan nilai $M_{nc} = 2588.14 \text{ kNm}$

$$M_{nb1} = 750.08 \text{ kNm}$$

$$M_{nb2} = 750.08 \text{ kNm}$$

$$2 \times 2588.14 > 1.2 \times (750.08 + 750.08)$$

$$5176.34 > 1800 \text{ kNm (OK!)}$$

4.5.2.4 Perencanaan Tulangan Geser

- Tulangan Geser di Daerah Sendi Plastis

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1 bahwa tulangan transversal harus dipasang sepanjang l_0 dari setiap muka joint dan besarnya tidak boleh kurang dari:

- a. Tinggi komponen struktur

$$l_{01} = 900 \text{ mm}$$

- b. Seperenam betnang bersih komponen struktur

$$l_{02} = 3000/6 = 500 \text{ mm}$$

- c. $l_{03} = 450 \text{ mm}$

Sehingga digunakan $l_{01} = 900 \text{ mm}$

Jarak tulangan maksimum yang digunakan untuk tulangan geser sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi berikut:

- a. Seperempat dimensi struktur

$$S_1 = \frac{1}{4} \times 900 = 225 \text{ mm}$$

- b. 6 d_b longitudinal

$$S_2 = 6 (25) = 150 \text{ mm}$$

- c. $100 \leq S_3 \leq 150 \text{ mm}$

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Luas tulangan minimum sesuai dengan pasal 21.6.4.4 adalah sebagai berikut:

$$S = 100 \text{ mm}$$

$$b_{c1} = 900 - 50 - 2 \times 16 = 818 \text{ mm}$$

$$b_{c1} = b_{c2}$$

$$A_{ch} = b_{c1} \times b_{c2}$$

$$= 669124 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0.3 \times \frac{s \cdot bc \cdot f' \cdot c}{fyt} \times \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \\ &= 0.3 \times \frac{100 \times 818 \times 40}{420} \times \left(\frac{810000}{669124} - 1 \right) \\ &= 454.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0.09 \times \frac{s \cdot bc \cdot f' \cdot c}{fyt} \\ &= 0.09 \times \frac{100 \times 818 \times 40}{420} \\ &= 706.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As(D16) &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 200.96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan(n)} &= \frac{Ash}{As(D16)} \\ &= 3.49 \sim 4 \text{ buah tulangan} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan 4 D13 – 100 mm sepanjang daerah sendi plastis.

- Tulangan Geser di Luar Sendi Plastis

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5 bahwa tulangan transversal diluar daerah sendi plastis tidak boleh dipasang lebih kecil dari:

a. $6 \times d_b = 150 \text{ mm}$

b. 150 mm

Sehingga digunakan tulangan 4 D16 – 150 mm sepanjang daerah sendi plastis.

4.5.2.5 Perencanaan Tulangan Torsi

Perencanaan tulangan torsi sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$T_u = 19.58 \text{ kNm}$$

$$N_u = 10716 \text{ kN}$$

$$A_{cp} = 900 \times 900$$

$$= 810000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2x(900+900)$$

$$= 3600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\varnothing T_n &= 0.85 \times 0.083 \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \sqrt{f'c}}} \\ &= 0.85 \times 0.083 \sqrt{40} \left(\frac{810000^2}{3600} \right) \sqrt{1 + \frac{10716000}{0.33 \cdot 810000 \sqrt{40}}} \\ &= 259171192.2 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$= 259.17 \text{ kNm}$$

$$\varnothing T_n = 259.17 \text{ kNm}$$

$T_u < \varnothing T_n$, sehingga tidak diperlukan tulangan torsi.

4.5.2.6 Pengangkatan Kolom

$$W_u = 1.4 \times (2400 \times 0.9 \times 0.9)$$

$$= 27216 \text{ N/m}$$

$$L = 3.7 \text{ m}$$

$$M_1 = -6738151.55 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = 5872230 \text{ Nmm}$$

- Kontrol tegangan yang terjadi:

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{f'c}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.62 \sqrt{26}}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 1.918 \text{ MPa}$$

$$M_1 = -6738151.55 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = 5872230 \text{ Nmm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 900 \times 3700^2$$

$$Z = 2053500000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{Mu}{Z}$$

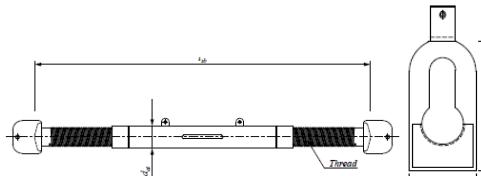
$$\sigma_{max} = \frac{6738151.55}{2053500000}$$

$$= 0.03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{terjadi} < \sigma_{ijin} \text{ (OKE !!)}$$

- Pemilihan profil

Digunakan produk dari Peikko group yaitu COLIFT Mounting System dengan tipe MW d70 dengan rope strut tipe PS01. Profil ini memiliki safe working load 110 kN untuk masing-masing titik angkat.



Gambar. 4. 23 Profil Pengangkatan Kolom

4.5.2.7 Rekapitulasi Perhitungan Kolom

Rekapitulasi dari perhitungan kolom dapat dilihat pada Tabel 4.26 sebagai berikut:

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Perhitungan Kolom

Tipe Kolom	K1		K2		K3	
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	900 x 900 mm		750 x 750 mm		600 x 600 mm	
Bentang	3.7 m		3.2 m		3.2 m	
Tulangan Lentur	16 D25		12 D25		8 D25	
Sengkang	4D13-100	4D13-150	3D13-100	3D13-150	3D13-100	3D13-150
Tulangan Angkat	Colift MW d70		Colift MW d70		Colift MW d70	

4.5.3 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser (*shearwall*) direncanakan untuk menahan beban lateral dengan besaran maksimum 75%. Perencanaan *shearwall* meliputi *shearwall* arah X dan Y dimana menahan beban lateral untuk masing-masing arah. Perhitungan perencanaan dinding geser struktur modifikasi Apartemen La Viz adalah sebagai berikut:

4.5.3.1 Data Perencanaan

Dalam perhitungan ini akan digunakan dinding geser tipe 1 sebagai contoh perhitungan. Berikut data yang digunakan dalam perhitungan perencanaan:

- Tebal Dinding = 25 cm
- Lebar Dinding = 1180 cm
- Tinggi Dinding = 370 cm
- f'_c = 40 MPa
- f_y = 420 MPa
- Diameter Lentur = 25 mm
- Diameter Sengkang = 13 mm
- Cover = 50 mm

Gaya yang digunakan dalam perhitungan didapat dari analisa struktur menggunakan program bantu ETABS dengan hasil sebagai berikut:

- $P_u = 24825 \text{ kN}$
- $V_u = 2706 \text{ kN}$
- $M_u = 44632 \text{ kNm}$

4.5.3.2 Kontrol Dimensi Dinding Geser

- Kontrol Ketebalan Minimum

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.5.3, ketebalan dari dinding geser tidak boleh lebih kecil dari:

$$T_p > \frac{1}{25} \times \text{tinggi} = 14.8 \text{ cm}$$

$$25 > 14.18 \text{ cm (OK!)}$$

- Kontrol Dimensi Terhadap Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.4.4 untuk semua segmen dinding vertikal yang menahan gaya lateral gaya geser tidak boleh diambil lebih besar dari:

$$A_{cv} = 250 \times 11800$$

$$= 2950000 \text{ mm}^2$$

$$V_{n\ max} = 0.83 A_{cv} \sqrt{f'c}$$

$$= 0.83 \times 2950000 \times \sqrt{40}$$

$$= 11614.3 \text{ kN}$$

$$V_u = 2706 \text{ kN}$$

$$V_u < V_{n\ max} (\text{OK!})$$

- Kontrol Dimensi Terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.5.2 bahwa kekuatan dinding direncanakan dengan persamaan berikut:

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

$$K = 0.8$$

$$\phi P_n = 48672008.9 \text{ N}$$

$$= 48672 \text{ kN}$$

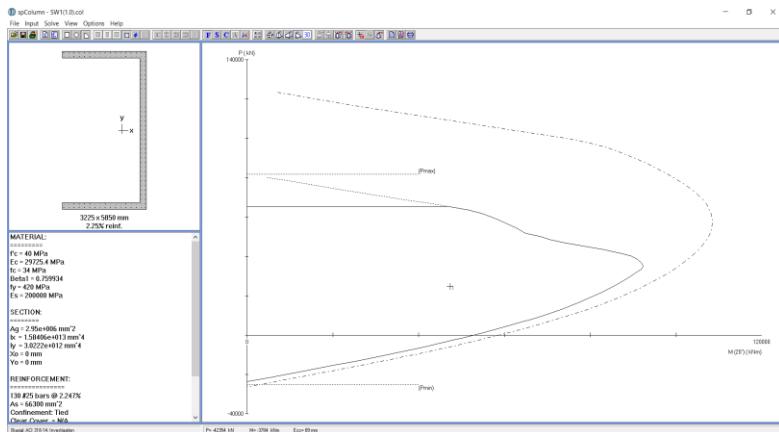
$$P_u = 24825 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u (\text{OK!})$$

4.5.3.3 Penulangan Dinding Geser

- Penulangan Longitudinal Dinding Geser

Perhitungan tulangan longitudinal dinding geser menggunakan program bantu SpColumn dengan beban aksial dan lentur sesuai hasil program ETABS, didapatkan hasil sebagai berikut:



Dari analisa SpColumn digunakan tulangan 130D25 dan momen nominal terfaktor $\emptyset M_n = 81100 \text{ kNm} > M_u = 44632 \text{ kNm}$ (OK!)

- Penulangan Geser Dinding Geser
- Perhitungan Jumlah Lapis Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 bahwa paling sedikit dua tirai tulangan harus digunakan pada kondisi sebagai berikut:

$$V_u > 0.17 A_{cr} \sqrt{f'c}$$

$$2706 > 0.17 \times 2950000 \times \sqrt{40} / 1000$$

$$2706 > 3171.8 \text{ kN} \quad (1 \text{ lapis tulangan})$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 tulangan dipasang 2 lapis jika

Tebal > 250 mm

250 > 250 mm (1 lapis tulangan)

- Kontrol Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.4.1 kapasitas geser dinding struktur direncanakan sebagai berikut:

$$\frac{h}{l} = \frac{1180}{370} = 3.2 > 2$$

Maka $\alpha = 0.17$

Tulangan geser direncanakan menggunakan 2D13-200

$$\begin{aligned}\rho_n &= \frac{As(D13)}{dx \times s} \\ &= \frac{132.7}{193.5 \times 200} \\ &= 0.00342\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= A_{cv} \times (\alpha \times \sqrt{40} + \rho n \times f_y) \\ &= 7419101.315 \text{ N} \\ &= 7419.1 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_u = 2706 \text{ kN} < \phi V_n (\text{OK!})$$

- Kontrol Rasio Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.2 rasio luas tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang tidak boleh kurang dari 0.0025.

$$\rho_n > 0.0025$$

$$0.00342 > 0.0025 (\text{OK!})$$

- Kontrol Spasi Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.1 Spasi tulangan untuk masing-masing arah pada dinding struktur tidak boleh lebih dari 450 mm.

$S < 450 \text{ mm}$

$200 < 450 \text{ mm (OK!)}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

$$S < \frac{L}{5} = \frac{3.7}{5} = 740 \text{ mm}$$

$S < 3 h = 3(1180) = 3540 \text{ mm}$

$S < 450 \text{ mm}$

$S = 200 \text{ mm (OK!)}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

$$S < \frac{L}{3} = \frac{3.7}{3} = 1233.3 \text{ mm}$$

$S < 3 h = 3(1180) = 3540 \text{ mm}$

$S < 450 \text{ mm}$

$S = 200 \text{ mm (OK!)}$

4.5.3.4 Perhitungan Elemen Pembatas

- Kontol Komponen Batas

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2 bahwa dinding struktur harus memiliki elemen pembatas khusus jika sebagai berikut:

$$C > \frac{lw}{600 \times \frac{\delta}{ht}}$$

$$\delta = 16.684 \text{ mm}$$

$$ht = 11800 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{ht} = 0.00141 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{ht} \text{ min } = 0.007 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga digunakan } \frac{\delta}{ht} = 0.007 \text{ mm}$$

$$C > \frac{3700}{600 \times 0.007} = 880.95 \text{ mm}$$

$$C (\text{dari SpColumn}) = 1566 \text{ mm}$$

Sehingga dibutuhkan komponen batas

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.3 bahwa dinding struktur harus memiliki elemen pembatas khusus jika sebagai berikut:

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f'c$$

$$\frac{44632000000}{\frac{1}{6} \times 11800 \times 250^3} + \frac{24825000}{2950000} > 0.2 \times 40$$

$$9.867 > 8 \text{ MPa}$$

Sehingga dibutuhkan komponen batas

- Perhitungan Elemen Batas

Dari hasil perhitungan kontrol elemen batas, dinding geser harus diberi elemen pembatas sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4 dimana dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar dengan jarak tidak kurang dari:

$$\begin{aligned} C - 0.1 l_w &= 1566 - 0.1 \times 1180 \\ &= 386 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{C}{2} = \frac{1566}{2} = 783 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan elemen pembatas pada dinding geser dengan jarak 800 mm

4.5.3.5 Perhitungan Balok Kopel

Balok kopel direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.9.7 dengan perhitungan sebagai berikut:

- Data Perencanaan

Data perencanaan pada balok kopel adalah sebagai berikut:

Dimensi balok = 450 x 300mm

L balok = 600 mm

d lentur = 25 mm

d Sengkang = 13 mm

f_c = 40 MPa

f_y = 420 MPa

d' = 40 mm

d = 403.5 mm

V_u = 711.6 kN

M_u = 277.7 kN.m

- Kontrol Dimensi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.9.7.2 bahwa balok kopel harus ditulangi dengan dua kelompok

batang tulangan secara diagonal simetris terhadap tengah bentang dengan syarat sebagai berikut:

$$\circ \quad \frac{L}{h} < 2$$

$$\frac{600}{450} < 2$$

$$1.33 < 2$$

$$\circ \quad V_u > 0.33 \sqrt{fc'} \times A_c$$

$$711600 > 281758.94 \text{ N}$$

Sehingga dibutuhkan tulangan diagonal

- Perencanaan Tulangan Diagonal

Tulangan diagonal direncanakan menggunakan 4 D22 mm dengan sudut 28°

Jarak tulangan diagonal direncanakan sebagai berikut:

$$b_{\min} = b/2$$

$$= 300/2$$

$$= 150 \text{ mm}$$

Digunakan $b = 150 \text{ mm}$

$$h_{\min} = b/5$$

$$= 300/5$$

$$= 60 \text{ mm}$$

Digunakan $h = 75 \text{ mm}$

Sesuai dengan pasal 21.9.7.4 bahwa V_n dihitung sebagai berikut:

$$A_{vd} = A_s (\text{D22})$$

$$= 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 2 \times A_{vd} \times f_y \times \sin \alpha$$

$$= 599326.6 \text{ N}$$

$$V_{n \max} = 0.83 \sqrt{f'c} \times A_c \\ = 711227.86 \text{ N}$$

$V_n < V_{n \max}$, sehingga tulangan 4 D22 dapat digunakan

Syarat Sengkang diagonal:

$$S < 6 \times d_b = 132 \text{ mm}$$

$$S < 150 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga digunakan } S_{\text{diagonal}} = 125 \text{ mm}$$

- Perencanaan Tulangan Sengkang Vertikal

$$A_v = A_s (\text{D13}) \\ = 132.6 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_{nd} \\ = \frac{711.6 \times 1000}{0.85} - 599327 \text{ N} \\ = 237849.8 \text{ N}$$

$$V_{s \max} = 0.17 \sqrt{f'c} \times b \times d \\ = 505287.7 \text{ N}$$

$$V_s < V_{s \ max} (\text{OK!})$$

$$S = \frac{Av \times f_y \times d}{V_s} \\ = 94.5 \text{ mm}$$

Syarat Smax :

$$S < 6 \times d_b = 150 \text{ mm}$$

$$S < 150 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga digunakan } S = 75 \text{ mm}$$

- Perencanaan Tulangan Longitudinal

$$M_n = (A_s + A_{sd} \times \cos \alpha)(f_y)(0.9 \times d)$$

$$A_{vd} = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$\cos \alpha = 28^\circ$$

$$A_{vd} \cos \alpha = 1341.86 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u \\
 &= 27700000 \text{ N} \\
 \frac{Mn}{fy \times (0.9 \times d)} &= 1820.7 \text{ mm}^2 \\
 A_s &= \frac{Mn}{fy \times (0.9 \times d)} - A_{vd} \cos \alpha \\
 &= 478.8 \text{ mm}^2 \\
 A_s (\text{D25}) &= 490.6 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= 0.975 = 2 \text{ buah tulangan} \\
 \text{Sehingga digunakan tulangan longitudinal 2D25}
 \end{aligned}$$

- Panjang Penyaluran Tulangan Diagonal

Sesuai dengan pasal 21.9.7.4 bahwa panjang penyaluran batang diagonal harus ditanam ke dalam dinidng tidak kurang dari 1.25 kali panjang penyaluran untuk fy dalam kondisi tarik.

Penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan 12.5.2

$$l_{dh1} = \frac{0.24 fy}{\sqrt{f'c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 22 = 350.63 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 8 \times d_b = 176 \text{ mm}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 350.63 \text{ mm}$$

$$l_{dh \text{ pakai}} = 1.25 \times 350.63$$

$$= 438.3 \text{ mm}$$

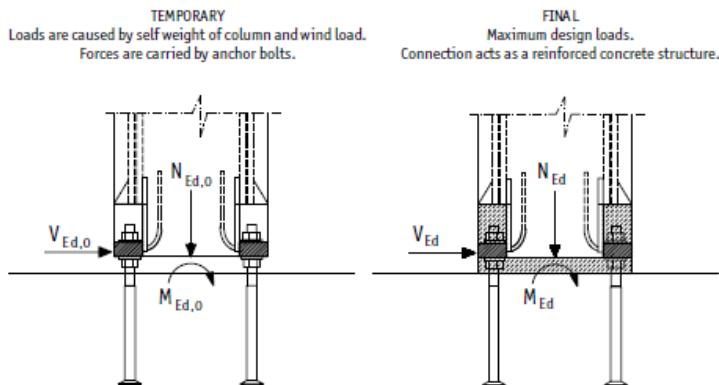
Sehingga digunakan panjang penyaluran 450 mm

4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

4.6.1 Konsep Sambungan

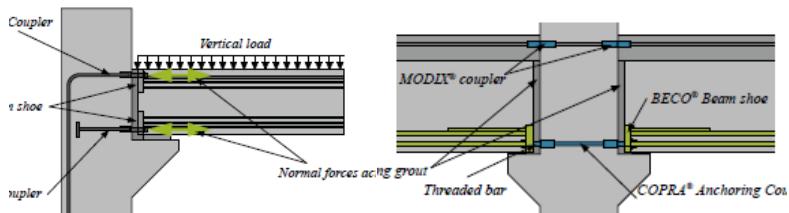
Sambungan merupakan bagian yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya dari elemen struktur ke elemen struktur lainnya, yang nantinya akan diteruskan ke pondasi. Sambungan haruslah direncanakan untuk mempunyai cukup kekuatan, kekakuan, kestabilan sesuai yang disyaratkan.

Konsep perencanaan sambungan pada struktur modifikasi Apartemen La Viz ini adalah dengan menggunakan *Modix Rebar Coupler* dari *Peikko Group* dan *NMB Splice Sleeve*. Penyaluran gaya yang ada dengan memanfaatkan panjang penyaluran yang direncanakan dalam kondisi tarik dan tekan. Sambungan balok-kolom dan balok anak-balok induk juga direncanakan dengan konsol tambahan.



Gambar. 4. 24 Ilustrasi Penyaluran Gaya Sambungan Kolom

(sumber: www.Peikko.com)



Gambar. 4. 25 Ilustrasi Penyaluran Gaya Sambungan Balok

(sumber: www.Peikko.com)

4.6.2 Perencanaan Konsol Pada Elemen Pracetak

Pada sambungan balok induk-kolom dan balok anak-balok induk direncanakan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8 Sebagai berikut:

- Data Perencanaan

Dalam sub-bab ini akan dilakukan perhitungan perencanaan konsol pendek untuk Balok B1-Kolom dengan data yang digunakan sebagai berikut:

Dimensi Balok = 700 x 450 mm

f_c = 40 MPa

f_y = 420 MPa

Diameter Longitudinal = 16 mm

Diameter Transversal = 13 mm

Cover = 50 mm

b = 450 mm

h = 300 mm

$$d = 242 \text{ mm}$$

$$Av = 150 \text{ mm}$$

Gaya yang digunakan untuk perencanaan konsol pendek adalah sebagai berikut:

$$V_u = 219.58 \text{ kN}$$

$$N_u = 43.9 \text{ kN}$$

- Luas Pelat Landas

$$V_u = 0.85 \phi f_c A$$

$$A = \frac{219.58 \times 1000}{0.85 \times 0.75 \times 40} \\ = 8610.98 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan pelat landas dengan dimensi 450 x 150 mm dengan tebal 15 mm ($A_s = 67500 \text{ mm}^2$)

- Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.6.5 kekuatan geser nominal tidak boleh diambil lebih besar dari:

$$A_c = b \times d = 450 \times 242 = 108900 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad V_n &= 0.2 \times f_c c \times A_c \\ &= 0.2 \times 40 \times 108900 \\ &= 871.2 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad V_n &= (3.3 + 0.08 f_c) A_c \\ &= (3.3 + 0.08 \times 40) 108900 \\ &= 707.85 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad V_n &= 11 \times A_c \\ &= 11 \times 108900 \\ &= 1197.9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan $V_n = 707.85 \text{ kN}$

$$\frac{V_u}{\emptyset} = 292.78 \text{ kN} < V_n (\text{OK!})$$

- Tulangan Lentur

Tulangan lentur direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4.

$$M_u = V_u x A_v + N_u (h-d)$$

$$= 219.58 \times 0.15 + 43.9 \times (0.3 - 0.242)$$

$$= 35.45 \text{ kNm}$$

$$A_f = \frac{Mu}{\emptyset x f_y x d}$$

$$= \frac{35.45 \times 1000000}{0.75 \times 420 \times 242}$$

$$= 547.63 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{Nu}{\emptyset x f_y}$$

$$= \frac{43.9 \times 1000}{0.75 \times 420}$$

$$= 139.42 \text{ mm}^2$$

$$A_{vf} = \frac{Vn}{u x f_y}$$

$$= \frac{707.85 \times 1000000}{1.4 \times 420}$$

$$= 497.91 \text{ mm}^2$$

Pemilihan tulangan sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5 bahwa luas tulangan tarik utama tidak boleh kurang dari:

$$A_{sc1} = Af + An \\ = 687.05 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc2} = \frac{2}{3}Anv + An \\ = 471.36 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc3} = 0.04 \frac{fc}{fy} bd \\ = 414.8 \text{ mm}^2$$

$$A_{pakai} = 687.1 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Asc \ pakai}{As \ D16} = 3.4 = 4 \text{ buah tulangan}$$

Sehingga digunakan tulangan utama 4 D16

- Tulangan Horizontal Tertutup

Tulangan sengkang tertutup direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.4.

$$A_h = 0.5 (A_{sc} - A_n) \\ = 0.5 (687.1 - 139.42) \\ = 273.8 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Ah}{As \ D16} = 2.1 = 3 \text{ buah tulangan}$$

tulangan dipasang sepanjang $2/3 d = 161.3 \text{ mm}$

Sehingga digunakan tulangan sengkang 3 D16

- Rekapitulasi Perhitungan Konsol Pendek
Rekapitulasi dari perhitungan konsol pendek sebagai berikut:

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perhitungan Konsol Pendek

Tipe Konsol	Dimensi		Diameter Longitudinal (mm)	Diameter transversal (mm)	n Tulangan Tarik Utama	n Sengkang Horizontal
	b(mm)	h(mm)				
Kolom - Balok 45/70	450	300	16	13	4	3
Kolom - Balok 40/60	400	300	16	13	3	2
Balok Induk45/70 - Balok anak	300	250	16	13	3	2
Balok Induk45/70 - Balok anak	300	250	16	13	3	2

4.6.3 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok-kolom menggunakan panjang penyaluran pada tulangan yang ada. Panjang penyaluran nantinya akan direncanakan untuk menerima dua kondisi yaitu tarik dan tekan. Perencanaan juga akan dilakukan untuk dua tipe sambungan yaitu sambungan *single sided* dan sambungan *double sided*.

Sambungan akan menggunakan produk dari peikko group yaitu MODIX Rebar Coupler tipe Standard Coupler (SM) pada balok dan kolom yang nantinya akan dikaitkan dengan Position Coupler (PM). Produk dari Peikko Group ini memiliki kuat leleh, $f_y = 550 \text{ MPa}$ dimana sudah lebih tinggi dari kuat leleh tulangan sehingga dapat digunakan. Perhitungan perencanaan sambungan balok-kolom adalah sebagai berikut:

4.6.3.1 Sambungan *Single-Sided*

Berikut adalah perhitungan sambungan antara balok induk 4 (BI 4) dengan kolom tipe 1 (K1). Data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut:

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

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

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

- Penyaluran Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan 12.5.2

$$l_{dh1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'c}} \times d_b = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 25 = 398.45 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 8 \times d_b = 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 400 mm dengan kait yang masuk kedalam kolom dengan sudut 90° sebesar $12 \text{ db} = 300 \text{ mm}$.

- Pemilihan Profil Sambungan

Panjang penyaluran pada bagian balok adalah sepanjang daerah sendi plastis yaitu $2 \times h_{balok} = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$

Sambungan pada area tarik menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-P12-700(400) pada kolom, SM 25B- P-1400 pada balok, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$d_{bluar sambungan} = 41 \text{ mm}$$

$$d_{bdalam sambungan} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ tulangan} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ sambungan} = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} N_{\text{sambungan}} &\geq 1.25 A_s \times f_y \\ \frac{1}{4} \pi \times (41^2 - 25^2) \times 550 &\geq 1.25 \frac{1}{4} \pi \times (25^2) \times 420 \\ 455928 &\geq 337304.7 \text{ N (OK!)} \end{aligned}$$

- Penyaluran Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1 dan 12.3.2.

$$l_{dc1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 25 = 398.45 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 \times f_y \times d_b = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 460 mm.

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan pada area tekan menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-L-460 pada kolom, SM 25B-P-1400 pada balok, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$d_{bluar sambungan} = 41 \text{ mm}$$

$$d_{bdalam sambungan} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ tulangan} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ sambungan} = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{\text{sambungan}} \geq 1.25 A_s \times f_y$$

$$\frac{1}{4} \pi x (41^2 - 25^2) x 550 \geq 1.25 \frac{1}{4} \pi x (25^2) x 420 \\ 455928 \geq 337304.7 \text{ N (OK!)}$$

- Analisa Geser Sambungan

Kuat geser dari satu sambungan coupler dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_s &= 829.38 \text{ mm}^2 \\ V_d &= 0.75 \times 0.5 \times f_y \times A_s \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 550 \times 829.38 \\ &= 171059 \text{ N} \\ &= 171.06 \text{ kN} \\ V_n &= n \times V_d \\ &= 8 \times 171.06 \\ &= 1368.48 \text{ kN} \\ V_u &= 727 \text{ kN} \\ V_n &> V_u \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

4.6.3.2 Sambungan Double-Sided

Pada perhitungan ini akan dilakukan perencanaan sambungan double sided antara BI4-K1-BI4 sebagai berikut:

- Penyaluran Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan 12.5.2

$$l_{dh1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'_c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 25 = 398.45 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 8 \times d_b = 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 450 mm dengan kait yang masuk kedalam kolom dengan sudut 90° sebesar 12 db = 300 mm.

- Pemilihan Profil Sambungan

Panjang penyaluran pada bagian balok adalah sepanjang daerah sendi plastis yaitu $2 \times h_{\text{balok}} = 2 \times 700 = 1400$ mm

Sambungan pada area tarik menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-D-900 pada kolom, SM 25B-P-1400 pada balok, dan disambungkan dengan PM25. Untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan akan disambung dengan menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-P12-700(400) pada kolom, SM 25B- P-1400 pada balok, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$d_{\text{bluar sambungan}} = 41 \text{ mm}$$

$$d_{\text{bdalam sambungan}} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ tulangan} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ sambungan} = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{\text{sambungan}} \geq 1.25 A_s f_y$$

$$\frac{1}{4} \pi x (41^2 - 25^2) x 550 \geq 1.25 \frac{1}{4} \pi x (25^2) x 420 \\ 455928 \geq 337304.7 \text{ N (OK!)}$$

- Penyaluran Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1 dan 12.3.2.

$$l_{dc1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'c}} x db = \frac{0.24 x 420}{\sqrt{40}} x 25 = 398.45 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 \times f_y \times d_b = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 460 mm.

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan pada area tekan menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-D-900 pada kolom, SM 25B-P-1400 pada balok, dan disambungkan dengan PM25. Untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan akan disambung dengan menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-L-(400) pada kolom, SM 25B- P-1400 pada balok, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$d_{bluar\ sambungan} = 41 \text{ mm}$$

$$d_{bdalam\ sambungan} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ tulangan} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ sambungan} = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{sambungan} \geq 1.25 A_s \times f_y$$

$$\frac{1}{4} \times \pi \times (41^2 - 25^2) \times 550 \geq 1.25 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (25^2) \times 420$$

$$455928 \geq 337304.7 \text{ N (OK!)}$$

- Analisa Geser Sambungan

Kuat geser dari satu sambungan coupler dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_s = 829.38 \text{ mm}^2$$

$$V_d = 0.75 \times 0.5 \times f_y \times A_s$$

$$= 0.75 \times 0.5 \times 550 \times 829.38$$

$$= 171059 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 &= 171.06 \text{ kN} \\
 V_n &= n \times V_d \\
 &= 8 \times 171.06 \\
 &= 1368.48 \text{ kN} \\
 V_u &= 727 \text{ kN} \\
 V_n &> V_u (\text{OK!})
 \end{aligned}$$

4.6.3.3 Rekapitulasi Sambungan Balok-Kolom

Rekapitulasi sambungan balok kolom adalah seperti pada Tabel 4.28

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Sambungan Balok Kolom *Single Sided*

Tipe Sambungan	BI1, BI4-K1, K2, K3
Tarik	Modix Coupler SM 25A-P12-700(400) - PM25 - SM25B-P-1400
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1400
Tipe Sambungan	BI7-K1, K2, K3
Tarik	Modix Coupler SM 25A-P12-700(400) - PM25 - SM25B-P-1200
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1200

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Sambungan Balok Kolom *Double Sided*

Tipe Sambungan	BI1-K1-BI2
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D900 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM25A-700(400) -PM25- SM25B-P1400
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1400
Tipe Sambungan	BI4-K1-BI4
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D900 - PM25 - SM25B-P-1400
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D900 - PM25 - SM25B-P-1400
Tipe Sambungan	BI4-K1-BI3
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D900 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM25A-700(400) -PM25- SM25B-P1400
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1400
Tipe Sambungan	BI3-K1-BI7
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1200 - PM25 - SM 25A-D900 - PM25 - SM25B-P-1200
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-1200 - PM25 - SM 25A-D900 - PM25 - SM25B-P-1200

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Sambungan Balok Kolom Double Sided (2)

BI1-K2-BI2	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D750 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM25A-700(400) -PM25- SM25B-P1400
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1400
BI4-K2-BI4	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D750 - PM25 - SM25B-P-1400
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D750 - PM25 - SM25B-P-1400
BI4-K2-BI3	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D750 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM25A-700(400) -PM25- SM25B-P1400
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1400
BI3-K2-BI7	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1200 - PM25 - SM 25A-D750- PM25 - SM25B-P-1200
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-1200 - PM25 - SM 25A-D750 - PM25 - SM25B-P-1200

BI1-K3-BI2	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D600 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM25A-700(400) -PM25- SM25B-P1400
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1400
BI4-K3-BI4	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D600 - PM25 - SM25B-P-1400
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D600 - PM25 - SM25B-P-1400
BI4-K1-BI3	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1400 - PM25 - SM 25A-D600 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM25A-700(400) -PM25- SM25B-P1400
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1200 Modix Coupler SM 25A-L-460 - PM25 - SM25B-P-1400
BI3-K3-BI7	
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-1200 - PM25 - SM 25A-D600 - PM25 - SM25B-P-1200
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-1200 - PM25 - SM 25A-D600 - PM25 - SM25B-P-1200

4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Berikut adalah perhitungan sambungan antara balok anak 1 (BI1) dengan balok induk 4 (BI 4). Data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut:

Dimensi balok anak = 450 x 300 mm

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

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

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

4.6.4.1 Sambungan Single Sided

- Penyaluran Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan 12.5.2

$$l_{dh1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'_c}} \times d_b = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 25 = 398.45 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 8 \times d_b = 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 200 mm karena merupakan struktur sekunder, dengan kait yang masuk kedalam kolom dengan sudut 90° sebesar $12 \text{ db} = 300 \text{ mm}$.

- Pemilihan Profil Sambungan

Panjang penyaluran pada bagian balok adalah sepanjang daerah sendi plastis yaitu $2 \times h_{balok} = 2 \times 450 = 900 \text{ mm}$

Sambungan pada area tarik menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-P12-500(200) pada balok induk, SM 25B-P-900 pada balok anak, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan
 $d_b = 25 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 d_{bluar\ sambungan} &= 41\ mm \\
 d_{bdalam\ sambungan} &= 25\ mm \\
 f_y\ tulangan &= 420\ MPa \\
 f_y\ sambungan &= 550\ MPa
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 N_{sambungan} &\geq 1.25\ As \times f_y \\
 \frac{1}{4} \times \pi \times (41^2 - 25^2) \times 550 &\geq 1.25 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (25^2) \times 420 \\
 455928 &\geq 337304.7\ N\ (\text{OK!})
 \end{aligned}$$

- Penyaluran Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1 dan 12.3.2.

$$l_{dc1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 25 = 398.45\ mm$$

$$l_{dc2} = 0.043 \times f_y \times d_b = 451.5\ mm$$

$$l_{dc3} = 200\ mm$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 200 mm karena balok anak merupakan struktur sekunder sehingga digunakan panjang penyaluran minimum yang diijinkan

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan pada area tekan menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-L-200 pada balok induk, SM 25B-P-900 pada balok anak, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan

$$d_b = 25\ mm$$

$$\begin{aligned}
 d_{bluar\ sambungan} &= 41\ mm \\
 d_{bdalam\ sambungan} &= 25\ mm \\
 f_y\ tulangan &= 420\ MPa \\
 f_y\ sambungan &= 550\ MPa
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 N_{sambungan} &\geq 1.25\ As \times f_y \\
 \frac{1}{4} \times \pi \times (41^2 - 25^2) \times 550 &\geq 1.25 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (25^2) \times 420 \\
 455928 &\geq 337304.7\ N\ (OK!)
 \end{aligned}$$

4.6.4.2 Sambungan Double Sided

- Penyaluran Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan 12.5.2

$$l_{dh1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 25 = 398.45\ mm$$

$$l_{dh2} = 8 \times d_b = 200\ mm$$

$$l_{dh3} = 150\ mm$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 200 mm karena merupakan struktur sekunder, dengan kait yang masuk kedalam kolom dengan sudut 90° sebesar 12 db = 300 mm.

- Pemilihan Profil Sambungan

Panjang penyaluran pada bagian balok adalah sepanjang daerah sendi plastis yaitu $2 \times h_{balok} = 2 \times 450 = 900\ mm$

Sambungan pada area tarik menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-D450 pada balok induk, SM 25B-P-900 pada balok anak, dan disambungkan dengan PM25. Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan akan disabungkan dengan MODIX Coupler tipe SM 25A-P12-500(200) pada balok induk, SM 25B-P-900 pada balok anak, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$d_{bluar\ sambungan} = 41 \text{ mm}$$

$$d_{bdalam\ sambungan} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ tulangan} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ sambungan} = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{sambungan} \geq 1.25 A_s \times f_y$$

$$\frac{1}{4} \pi \times (41^2 - 25^2) \times 550 \geq 1.25 \frac{1}{4} \pi \times (25^2) \times 420 \\ 455928 \geq 337304.7 \text{ N (OK!)}$$

- Penyaluran Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1 dan 12.3.2.

$$l_{dc1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'_c}} \times d_b = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 25 = 398.45 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 \times f_y \times d_b = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 200 mm karena balok anak merupakan struktur sekunder sehingga digunakan panjang penyaluran minimum yang diijinkan

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan pada area tekan menggunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-D450 pada balok induk, SM 25B-P-900 pada balok anak, dan disambungkan dengan PM25. Sedangkan pada tulangan yang tidak memiliki pasangan aka digunakan MODIX Coupler tipe SM 25A-L-200 pada balok induk, SM 25B-P-900 pada balok anak, dan disambungkan dengan PM25.

- Analisa kekuatan sambungan

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$d_{bluar\ sambungan} = 41 \text{ mm}$$

$$d_{bdalam\ sambungan} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ tulangan} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ sambungan} = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{sambungan} \geq 1.25 As \times f_y$$

$$\frac{1}{4} \pi \times (41^2 - 25^2) \times 550 \geq 1.25 \frac{1}{4} \pi \times (25^2) \times 420$$

$$455928 \geq 337304.7 \text{ N (OK!)}$$

4.6.4.3 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Rekapitulasi sambungan balok anak-balok induk adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak-Balok Induk (Single Sided)

Tipe Sambungan	BA1-BI4
Tarik	Modix Coupler SM 25A-P12-500(200) - PM25 - SM25B-P-900
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-200- PM25 - SM25B-P-900
Tipe Sambungan	BA1-BI3,BI7
Tarik	Modix Coupler SM 25A-P12-500(200) - PM25 - SM25B-P-900
Tekan	Modix Coupler SM 25A-L-200- PM25 - SM25B-P-900

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak-Balok Induk (Double Sided)

Tipe Sambungan	BA1-BI4-BI2
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-900 - PM25 - SM 25A-D450 - PM25 - SM25B-P-900
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-900 - PM25 - SM 25A-D450 - PM25 - SM25B-P-900
Tipe Sambungan	BA1-BI3-BA2
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-900 - PM25 - SM 25A-D400 - PM25 - SM25B-P-900
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-900 - PM25 - SM 25A-D400 - PM25 - SM25B-P-900
Tipe Sambungan	BA1-BI7-BA2
Tarik	Modix Coupler SM25B-P-900 - PM25 - SM 25A-D400 - PM25 - SM25B-P-900
Tekan	Modix Coupler SM25B-P-900 - PM25 - SM 25A-D400 - PM25 - SM25B-P-900

4.6.5 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok

Sambungan pelat ke balok induk maupun balok anak pada struktur modifikasi apartemen La Viz menggunakan tulangan yang dipasang memanjang diatas balok. Selanjutnya dilakukan proses overtopping bersamaan dengan proses overtopping balok pracetak. Data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$d_b = 13 \text{ mm}$$

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

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

4.6.5.1 Panjang Penyaluran Kondisi Tarik

Sesuai dengan SNI 2847 pasal 12.2.1 bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sebagai berikut:

$$l_d = \frac{f_y x \psi t x \psi e}{2.1 \lambda x \sqrt{f'c}}$$

$$l_d = \frac{420 x 1 x 1}{2.1 x 1 x \sqrt{40}} = 411 \text{ mm}$$

$$l_d > 350 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah dengan kondisi tarik sepanjang 420 mm.

4.6.5.2 Panjang Penyaluran Kondisi Tekan

Sesuai dengan SNI 2847 pasal 12.3.1 bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sebagai berikut:

$$l_{dc1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'_c c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 13 = 207.2 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 \times f_y \times d_b = 234.8 \text{ mm}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah dengan kondisi tekan sepanjang 250 mm.

4.6.6 Perencanaan Sambungan Tangga – Shearwall

Tangga dan Shearwall pada struktur modifikasi Apartemen La Viz direncanakan dengan metode cor insitu, dengan panjang penyaluran yang dihitung sebagai berikut:

$$d_b = 16 \text{ mm}$$

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

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

- Panjang Penyaluran Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan 12.5.2

$$l_{dh1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'_c c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 16 = 255 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 8 \times d_b = 128 \text{ mm}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran = 300 mm dengan kait yang masuk kedalam shearwall dengan sudut 90° sebesar 12 db = 192 ~ 200 mm.

- Panjang Penyaluran Dalam Kondisi Tekan

Sesuai dengan SNI 2847 pasal 12.3.1 bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sebagai berikut:

$$l_{dc1} = \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'c}} \times db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} \times 16 = 255 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 \times f_y \times d_b = 288.9 \text{ mm}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran dalam kondisi tekan = 300 mm

4.6.7 Perencanaan Sambungan Kolom-Kolom

Sambungan kolom – kolom pada Struktur modifikasi Apartemen La Viz menggunakan produk NMB Splice Sleeve dimana tidak dilakukan perhitungan panjang penyaluran karena penyambungan sudah monolit dan menerus dengan adanya *grouting* dari mortar tipe *non-shrinkage*.

Tipe yang digunakan adalah tipe Sleeve No. 8U-X untuk diameter 25 mm. Sambungan memiliki kekuatan 85000 psi atau setara dengan 586.05 MPa. Grouting dilakukan menggunakan non-shrinkage mortar dengan kekuatan minimum yang disyaratkan adalah 9500 psi atau setara dengan 65.5 MPa.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.8.3 untuk sambungan kolom-kolom juga harus di kontrol sebagai berikut:

$$\emptyset M_n > 0.4 \times M_{pr}$$

$$1650 > 671.4 \text{ kNm (OK!)}$$

4.7 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan struktur bangunan bawah yang berfungsi sebagai elemen struktur yang meneruskan beban dari seluruh struktur diatasnya ke tanah. Pondasi modifikasi gedung Apartemen La Viz direncanakan menggunakan tiang pancang jenis Prestressed Concrete Spun Piles produk dari PT. Wijaya Karya Beton. Pada sub-bab berikutnya akan dilakukan perencanaan tiang pancang dan pile cap sesuai dengan persyaratan yang berlaku.

4.7.1 Pembebanan

Beban yang pekerja pada pondasi sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 4.2.3 untuk metode tengangan ijin. Kombinasi beban yang digunakan adalah sebagai berikut:

- D
- D + L
- D + 0.75 L
- D + 0.7 E
- D + 0.75 L + 0.75 (0.7E)
- 0.6 D + 0.7 E

Dari masing-masing kombinasi yang ada dilakukan kontrol untuk perhitungan pada sub-bab berikutnya. Beban yang ada didapatkan dari program bantu ETABS seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 33 Beban Pada Pile Cap Tipe 1

Kombinasi	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
Dead	0.044	0.548	488.878	-0.618	0.570
D + L	0.083	1.035	838.374	-1.168	1.078
D + 0.75 L	0.080	0.991	806.879	-1.119	1.032
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	5.373	2.759	817.121	5.121	21.825
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	2.130	7.928	812.205	23.370	9.020
D + 0.7 Ex Max	7.127	3.217	726.049	7.348	28.619
D + 0.7 Ey Max	2.802	10.109	719.494	31.681	11.545
0.6 D + 0.7 Ex Max	7.099	2.873	441.092	7.737	28.261
0.6 D + 0.7 Ey Max	2.775	9.765	434.537	32.070	11.187

Tabel 4. 34 Beban Pada Pile Cap Tipe 2

Kombinasi	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
Dead	3.370	0.346	332.440	-0.391	4.323
D + L	6.501	0.580	532.450	-0.656	8.319
D + 0.75 L	6.221	0.559	514.420	-0.632	7.961
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	10.264	2.826	546.351	7.526	27.342
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	7.817	9.455	528.204	31.386	15.438
D + 0.7 Ex Max	10.770	3.519	502.904	10.316	32.727
D + 0.7 Ey Max	7.508	12.358	478.707	42.129	16.855
0.6 D + 0.7 Ex Max	8.618	3.320	318.772	10.541	29.973
0.6 D + 0.7 Ey Max	5.356	12.160	294.576	42.353	14.101

Tabel 4. 35 Beban Pada Pile Cap Tipe 3

Kombinasi	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
Dead	-3.085	-0.001	2150.673	0.001	-0.114
D + L	-5.563	-0.002	3469.152	0.003	-0.131
D + 0.75 L	-5.341	-0.002	3350.236	0.003	-0.130
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	174.835	179.854	3444.173	21.942	92.549
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	201.164	193.609	3591.603	77.447	38.854
D + 0.7 Ex Max	235.560	239.807	3152.071	29.254	123.446
D + 0.7 Ey Max	270.665	258.147	3348.645	103.261	51.853
0.6 D + 0.7 Ex Max	237.430	239.807	3154.676	29.253	123.496
0.6 D + 0.7 Ey Max	272.535	258.147	3251.250	103.260	51.903

Tabel 4. 36 Beban Pada Pile Cap Tipe 4

Kombinasi	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
Dead	-2.304	0.000	1148.930	0.000	0.580
D + L	-4.570	0.000	1866.519	-0.001	1.071
D + 0.75 L	-4.367	0.000	1801.807	-0.001	1.026
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	93.504	51.278	2156.188	16.086	50.157
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	136.615	142.718	2137.626	63.064	22.709
D + 0.7 Ex Max	126.735	68.371	2116.845	21.448	66.402
D + 0.7 Ey Max	184.217	190.291	2222.095	84.086	29.804
0.6 D + 0.7 Ex Max	128.239	68.371	1703.777	21.449	66.044
0.6 D + 0.7 Ey Max	185.721	190.291	2079.027	84.086	29.447

4.7.2 Data Perencanaan

4.7.2.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan merupakan produk dari PT. Wijaya Karya Beton dengan jenis *Prestressed Concrete Spun Piles*. Spesifikasi dari tiang pancang yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang = 800 mm

- Tebal tiang = 120 mm
- Kelas = B
- f_c = 52 MPa (600 kg/cm²)
- Concrete *cross section* = 2563 cm²
- Berat = 641 kg/m
- Panjang = 6-23 m
- *Bending Moment crack* = 55 t.m
- *Bending momen ultimate* = 99 t.m
- *Allowable axial load* = 388.61 t

4.7.2.2 Data Tanah

Data tanah digunakan untuk menentukan daya dukung dari tanah yang akan digunakan untuk perencanaan pondasi. Data tanah yang digunakan berasal dari hasil uji Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Data tanah yang digunakan dapat dilihat pada halaman lampiran.

4.7.3 Perencanaan Tiang Pancang

Daya dukung tiang pancang total(Q_u) didapatkan dari daya dukung dari ujung tiang pancang (Q_p) ditambah dengan daya dukung dari gaya gesek dengan lekatan lateral tanah (Q_s). Perhitungan perencanaan tiang pancang adalah sebagai berikut:

4.7.3.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tanah menggunakan data SPT yang sudah diperoleh sebelumnya. Data SPT sebelumnya harus dilakukan koreksi terlebih dahulu. Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data *Standartd Penetration Test* (SPT) menggunakan metode dari *Terzaghi Bazaraa* 1960 dengan perhitungan sebagai berikut:

- Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

Koreksi dilakukan untuk tanah berpasir halus, pasir lanau dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya untuk nilai $N > 15$.

- $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$
- $N_1 = 0.6 N$

Selanjutnya dipilih nilai N terkecil dari harga diatas. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar, dan bila $N \leq 15$, tidak ada koreksi jadi $N_1 = N$

- Koreksi Terhadap Tegangan Overburden

Hasil dari koreksi pertama dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal (*overburden pressure*) pada lapisan tanah.

- $N_2 = \frac{4 N_1}{1 + 0.4 P_o}$, bila $P_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2$
- $N_2 = \frac{4 N_1}{3.25 + 0.1 P_o}$, bila $P_o > 7.5 \text{ ton/m}^2$
- N_2 harus $\leq 2 N_1$, bila lebih $N_2 = 2 N_1$

- Daya Dukung Tiang

$$P_{\text{ult}} = C_n \times A_{\text{ujung}} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana,

C_{li} = hambatan geser selimut tiang pada segmen i

A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen ke i

O_i = keliling tiang

$$C_{n \text{ ujung}} = 40 N_{\text{rata-rata}}$$

Dimana,

$N_{\text{rata-rata}} = \text{harga rata-rata } N_2 \text{ 4D dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang.}$

$$C_{li} = N/2 \text{ ton/m}^2 \text{ untuk tanah lempung}$$

Sehingga

$$P_{ult} = 40 \text{ N} \times A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{Ni}{2} \times A_{si}$$

SF = 3

$$P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{SF}$$

Perhitungan daya dukung tanah dilakukan tiap 1 m kedalaman dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Dari perhitungan tersebut direncanakan tiang pancang dengan kedalaman 16 m dengan daya dukung 115.21 ton.

Beban ijin aksial tiang pancang = 388.61 ton

Beban ijin aksial / SF (SF = 2) = 194.3 ton

Beban ijin aksial tiang > daya dukung Tanah (OK!)

Tabel 4. 37 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Tipe Tanah	Kedalaman (m)	N SPT	Koreksi N1	γ_{sat} (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	Po' (ton/m ²)	Koreksi N2	2N1	N pakai	N rata-rata ujung	Qujung (ton)	Cli (ton/m ²)	Cli x Asi (ton)	\sum Cli x Asi (ton)	Pult (ton)	Pijin (ton)
Lempung	0	0	0	1.674	0.674	0	0	0	0.00	1.50	30.14					
Lempung	1	1.5	1.5	1.674	0.674	0.674	4.73	3	3.00	3.00	60.29	1.50	0.75	0.75	61.04	20.35
Lempung	2	3	3	1.674	0.674	1.348	7.80	6	6.00	3.75	75.36	3.00	1.51	2.26	77.62	25.87
Lempung	3	3	3	1.674	0.674	2.022	6.63	6	6.00	4.15	83.49	3.00	1.51	3.77	87.26	29.09
Lempung	4	3	3	1.674	0.674	2.696	5.77	6	5.77	5.52	110.88	2.89	1.45	5.22	116.10	38.70
Lempung	5	4	4	1.674	0.674	3.37	6.81	8	6.81	6.44	129.42	3.41	1.71	6.93	136.35	45.45
Lempung	6	5	5	1.698	0.698	4.068	7.61	10	7.61	6.89	138.49	3.81	1.91	8.84	147.34	49.11
Lempung	7	6	6	1.698	0.698	4.766	8.26	12	8.26	7.45	149.71	4.13	2.07	10.92	160.62	53.54
Lempung	8	7	7	1.698	0.698	5.464	8.79	14	8.79	8.37	168.26	4.39	2.21	13.12	181.39	60.46
Lempung	9	9	9	1.698	0.698	6.162	10.39	18	10.39	9.36	188.11	5.20	2.61	15.73	203.84	67.95
Lempung	10	11	11	1.698	0.698	6.86	11.75	22	11.75	10.13	203.64	5.88	2.95	18.69	222.33	74.11
Lempung	11	11.5	11.5	1.719	0.719	7.579	11.48	23	11.48	10.83	217.74	5.74	2.88	21.57	239.31	79.77
Lempung	12	12	12	1.719	0.719	8.298	11.77	24	11.77	11.68	234.69	5.88	2.96	24.53	259.21	86.40
Lempung	13	13.5	13.5	1.719	0.719	9.017	13.01	27	13.01	12.44	250.02	6.50	3.27	27.79	277.82	92.61
Lempung	14	15	15	1.719	0.719	9.736	14.21	30	14.21	13.16	264.54	7.10	3.57	31.36	295.91	98.64
Lempung	15	16.5	16.5	1.719	0.719	10.455	15.36	33	15.36	14.17	284.70	7.68	3.86	35.22	319.92	106.64
Lempung	16	18	18	1.701	0.701	11.156	16.49	36	16.49	15.24	306.28	8.25	4.14	39.36	345.64	115.21
Lempung	17	19	19	1.701	0.701	11.857	17.13	38	17.13	16.19	325.36	8.57	4.30	43.67	369.03	123.01
Lempung	18	20	20	1.701	0.701	12.558	17.75	40	17.75	16.76	336.78	8.88	4.46	48.13	384.90	128.30
Lempung	19	19.5	19.5	1.701	0.701	13.259	17.05	39	17.05	16.96	340.77	8.52	4.28	52.41	393.18	131.06
Lempung	20	19	19	1.701	0.701	13.96	16.36	38	16.36	16.88	339.16	8.18	4.11	56.52	395.68	131.89
Lempung	21	19	19	1.768	0.768	14.728	16.09	38	16.09	16.62	333.94	8.05	4.04	60.56	394.50	131.50
Lempung	22	19	19	1.768	0.768	15.496	15.83	38	15.83	16.10	323.57	7.92	3.98	64.54	388.11	129.37
Lempung	23	18.5	18.5	1.768	0.768	16.264	15.18	37	15.18	15.60	313.48	7.59	3.81	68.35	381.83	127.28
Lempung	24	18	18	1.768	0.768	17.032	14.54	36	14.54	15.27	306.86	7.27	3.65	72.00	378.87	126.29
Lempung	25	18.5	18.5	1.768	0.768	17.8	14.71	37	14.71	15.03	302.00	7.36	3.70	75.70	377.70	125.90
Lempung	26	19	19	1.768	0.768	18.568	14.88	38	14.88	14.79	297.29	7.44	3.74	79.44	376.72	125.57
Lempung	27	19	19	1.768	0.768	19.336	14.66	38	14.66	14.65	294.36	7.33	3.68	83.12	377.48	125.83

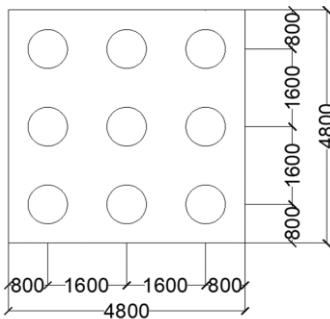
Lempung	28	19	19	1.768	0.768	20.104	14.45	38	14.45	14.74	296.18	7.22	3.63	86.75	382.93	127.64
Lempung	29	20	20	1.768	0.768	20.872	14.99	40	14.99	14.90	299.41	7.49	3.77	90.51	389.93	129.98
Lempung	30	21	21	1.768	0.768	21.64	15.52	42	15.52	14.98	301.04	7.76	3.90	94.41	395.45	131.82
Lempung	31	21	21	1.806	0.806	22.446	15.29	42	15.29	15.06	302.67	7.64	3.84	98.25	400.92	133.64
Lempung	32	21	21	1.806	0.806	23.252	15.07	42	15.07	15.21	305.72	7.53	3.78	102.04	407.75	135.92
Lempung	33	21.5	21.5	1.806	0.806	24.058	15.21	43	15.21	15.28	307.13	7.60	3.82	105.86	412.99	137.66
Lempung	34	22	22	1.806	0.806	24.864	15.34	44	15.34	15.27	306.96	7.67	3.85	109.71	416.67	138.89
Lempung	35	22.5	22.5	1.806	0.806	25.67	15.47	45	15.47	15.34	308.21	7.74	3.89	113.60	421.81	140.60
Lempung	36	23	23	1.806	0.806	26.476	15.60	46	15.60	15.54	312.20	7.80	3.92	117.51	429.71	143.24
Lempung	37	24	24	1.806	0.806	27.282	16.06	48	16.06	15.80	317.42	8.03	4.03	121.55	438.97	146.32
Lempung	38	25	25	1.806	0.806	28.088	16.50	50	16.50	16.11	323.84	8.25	4.15	125.69	449.54	149.85
Lempung	39	26	26	1.806	0.806	28.894	16.94	52	16.94	16.49	331.45	8.47	4.26	129.95	461.40	153.80
Lempung	40	27	27	1.806	0.806	29.7	17.36	54	17.36	16.72	335.94	8.68	4.36	134.31	470.25	156.75

4.7.3.2 Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang terjadi pada satu tiang merupakan kombinasi dari gaya aksial dan momen yang terjadi pada kelompok tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tarik maupun tekan, namun dengan asumsi gaya tarik lebih kecil dari beban gravitasi aksial struktur maka digunakan permasalahan berikut untuk menghitung beban maksimum dari 1 tiang pancang:

$$P_{\max} = \frac{P}{n} + \frac{Mx \times Y_{\max}}{\sum Y^2} + \frac{My \times X_{\max}}{\sum X^2} \leq \text{Daya dukung tanah (1 tiang)}$$

Perhitungan beban maksimum dan kontrol terhadap daya dukung tanah dilakukan untuk masing-masing jenis susunan tiang pancang. Sebagai contoh perhitungan akan digunakan perhitungan tiang pancang tipe 1 dengan kombinasi beban 1D+1L.



Gambar. 4. 26 Denah Tiang Pancang Tipe 1

$$P = 838.4 \text{ ton}$$

$$n \text{ tiang} = 9 \text{ tiang}$$

$$M_x = M_x + (H_y \times T_p)$$

$$= -11.7 + 1.0347 \times 1$$

$$= -10.6 \text{ ton.m}$$

$$M_y = M_y + (H_x \times T_p)$$

$$= 10.78 + 0.0831 \times 1$$

$$= 10.86 \text{ ton.m}$$

$$X_{\max} = 1.6 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1.6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{P}{n} + \frac{Mx \times Y_{\max}}{\sum Y^2} + \frac{My \times X_{\max}}{\sum X^2} \\ &= \frac{838.4}{9} + \frac{10.6 \times 1.6}{6 \times 1.6^2} + \frac{10.86 \times 1.6}{6 \times 1.6^2} \\ &= 95.4 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$P_{ijin} = 115.21 \text{ ton} > P_{\max} (\text{OK!})$$

4.7.3.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Susunan tiang pancang berdasarkan syarat dari jarak antar tiang dan jarak dari tepi tiang pancang, dengan perhitungan sebagai berikut:

- Jarak Antar Tiang
 $2D \leq S_1 \leq 2.5D$
 $2 \times 800 \leq S_1 \leq 2.5 \times 800$
 $1600 \leq S_1 \leq 2000$
Sehingga digunakan jarak antar tiang = 1600 mm
- Jarak Tepi Tiang
 $D \leq S_2 \leq 2D$
 $800 \leq S_2 \leq 1600$
Sehingga digunakan jarak antar tiang = 800 mm

Perhitungan koreksi untuk tiang pancang kelompok menggunakan koefisien Seiler-Keeney Formula sebagai berikut:

$$\eta = \left(1 - \frac{36xS}{(75xS^2 - 7)} x \left(\frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0.3}{m+n}$$

$$S = 1.6m$$

$$m = 3 \text{ baris}$$

$$n = 3 \text{ kolom}$$

$$\eta = 0.801$$

$$P_{ijin \text{ dalam grup}} = P_{ijin \text{ 1 tiang}} \times \eta$$

$$= 115.21 \times 0.801$$

$$= 105.6 \text{ ton} > P_{\max} = 95.39 \text{ (OK!)}$$

Tabel 4. 38 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 1

Kombinasi Beban	P (ton)	P 1 tiang (ton)	Mx (ton.m)	M _{x y} / $\sum y^2$	M _y (ton.m)	M _{y x} / $\sum x^2$	P _{max} (ton)	Pijin (ton)	Kontrol
D	488.88	54.32	-0.07	-0.01	0.61	0.06	54.38	105.64	OKE !!
D + L	838.37	93.15	-0.13	-0.01	1.16	0.12	93.26	105.64	OKE !!
D + 0.75 L	806.88	89.65	-0.13	-0.01	1.11	0.12	89.76	105.64	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	817.12	90.79	7.88	0.82	27.20	2.83	94.45	105.64	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	812.20	90.24	31.30	3.26	11.15	1.16	94.67	105.64	OKE !!
D + 0.7 Ex Max	726.05	80.67	10.57	1.10	35.75	3.72	85.50	105.64	OKE !!
D + 0.7 Ey Max	719.49	79.94	41.79	4.35	14.35	1.49	85.79	105.64	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ex Max	441.09	49.01	10.61	1.11	35.36	3.68	53.80	105.64	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ey Max	434.54	48.28	41.83	4.36	13.96	1.45	54.09	105.64	OKE !!

Tabel 4. 39 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 2

Kombinasi Beban	P (ton)	P 1 tiang (ton)	Mx (ton.m)	Mx y / $\sum y^2$	My (ton.m)	My x / $\sum x^2$	Pmax (ton)	Pijin (ton)	Kontrol
D	332.44	55.41	-0.04	-0.01	7.69	1.60	57.00	109.01	OKE !!
D + L	532.45	88.74	-0.08	-0.01	14.82	3.09	91.82	109.01	OKE !!
D + 0.75 L	514.42	85.74	-0.07	-0.01	14.18	2.95	88.68	109.01	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	546.35	91.06	10.35	1.62	37.61	7.83	100.51	109.01	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	528.20	88.03	40.84	6.38	23.25	4.84	99.26	109.01	OKE !!
D + 0.7 Ex Max	502.90	83.82	13.83	2.16	43.50	9.06	95.04	109.01	OKE !!
D + 0.7 Ey Max	478.71	79.78	54.49	8.51	24.36	5.08	93.37	109.01	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ex Max	318.77	53.13	13.86	2.17	38.59	8.04	63.33	109.01	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ey Max	294.58	49.10	54.51	8.52	19.46	4.05	61.67	109.01	OKE !!

Tabel 4. 40 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 3

Kombinasi Beban	P (ton)	P 1 tiang (ton)	Mx (ton.m)	Mx y / $\sum y^2$	My (ton.m)	My x / $\sum x^2$	Pmax (ton)	Pijin (ton)	Kontrol
D	2150.67	43.89	0.00	0.00	-3.20	-0.19	43.70	109.99	OKE !!
D + L	3469.15	70.80	0.00	0.00	-5.69	-0.35	70.45	109.99	OKE !!
D + 0.75 L	3350.24	68.37	0.00	0.00	-5.47	-0.33	68.04	109.99	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	3444.17	70.29	201.80	12.01	267.38	16.25	98.55	109.99	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	3591.60	73.30	271.06	16.13	240.02	14.58	104.02	109.99	OKE !!
D + 0.7 Ex Max	3152.07	64.33	269.06	16.02	359.01	21.81	102.16	109.99	OKE !!
D + 0.7 Ey Max	3348.64	68.34	361.41	21.51	322.52	19.60	109.45	109.99	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ex Max	3154.68	64.38	269.06	16.02	360.93	21.93	102.33	109.99	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ey Max	3251.25	66.35	361.41	21.51	324.44	19.71	107.58	109.99	OKE !!

Tabel 4. 41 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 4

Kombinasi Beban	P (ton)	P 1 tiang (ton)	Mx (ton.m)	Mx y / $\sum y^2$	My (ton.m)	My x / $\sum x^2$	Pmax (ton)	Pijin (ton)	Kontrol
D	1148.93	47.87	0.00	0.00	-1.72	-0.03	47.84	99.35	OKE !!
D + L	1866.52	77.77	0.00	0.00	-3.50	-0.06	77.71	99.35	OKE !!
D + 0.75 L	1801.81	75.08	0.00	0.00	-3.34	-0.06	75.02	99.35	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ex Max	2156.19	89.84	67.36	1.80	143.66	2.57	94.21	99.35	OKE !!
D + 0.75 L + 0.525 Ey Max	2137.63	89.07	205.78	5.51	159.32	2.85	97.42	99.35	OKE !!
D + 0.7 Ex Max	2116.84	88.20	89.82	2.41	193.14	3.45	94.06	99.35	OKE !!
D + 0.7 Ey Max	2222.09	92.59	274.38	7.35	214.02	3.82	99.10	99.35	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ex Max	1703.78	70.99	89.82	2.41	194.28	3.47	76.87	99.35	OKE !!
0.6 D + 0.7 Ey Max	2079.03	86.63	274.38	7.35	215.17	3.84	97.82	99.35	OKE !!

4.7.3.4 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja dapat menyebabkan timbulnya defleksi dan momen pada tiang. Kontrol terhadap defleksi dan momen yang terjadi diperhitungkan sebagai berikut:

$$\delta = F_\delta \frac{P \times T^3}{E \times I} \leq 2.5 \text{ cm}$$

Dimana:

δ = Defleksi pada tiang

F_δ = Koefisien defleksi

P = Gaya lateral yang bekerja pada 1 tiang

T = Faktor kekakuan relative

Pada Contoh perhitungan ini akan digunakan perhitungan kekuatan tiang pancang terhadap gaya lateral pada tipe 1 dengan kombinasi yang digunakan D+L sebagai berikut:

Jumlah tiang = 9 buah

$$H_{\max} = 1.035 \text{ ton}$$

$$H_{\max \text{ 1 tiang}} = 0.115 \text{ ton}$$

$$Cu = 0.78 \text{ kg/cm}^2$$

$$Qu = 2 \times Cu$$

$$= 2 \times 0.78$$

$$= 1.56 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1.596 \text{ t/ft}^2$$

Dari grafik *immediate settlement of isolate footing* didapatkan nilai koefisien fariasi (f) sebagai berikut:

$$F_\delta = 18 \text{ t/ft}^2$$

$$= 0.576 \text{ kg/cm}^3$$

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$f_c = 52 \text{ MPa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$= 338921.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times d^4$$

$$= 960576.24 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{338921.8 \times 960576.24}{0.576} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 224.1 \text{ cm}$$

$$L \text{ tiang} = 16 \text{ m} = 1600 \text{ cm}$$

$$L/T = 7.14$$

Dari grafik *Influence value for laterally loaded pile* didapatkan nilai koefisien defleksi (F_δ) dan nilai koefisien momen (F_M) sebagai berikut:

$$F_\delta = 0.91$$

$$\delta = 0.91 \frac{0.115 \times 1000 \times 224.1^3}{338921.8 \times 960576.24}$$

$$= 0.035 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm (OK!)}$$

$$F_M = 0.87$$

$$M_{crack} = 55 \text{ ton.m}$$

$$SF = 2$$

$$M_{crack \ izin} = 27.5 \text{ ton.m}$$

$$M = F_m \times P \times T$$

$$= 0.87 \times 0.115 \times 224.1 / 100$$

$$= 2.19 \text{ ton.m} < M_{crack \ izin} = 27.5 \text{ ton.m} (\text{OK!})$$

Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral untuk masing-masing tipe tiang pancang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 42 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 1

Kombinasi Beban	Jumlah Tiang	Hmax (ton)	Hmax 1 tiang (ton)	δ (cm)	kontrol δ	Mmax (ton.m)	Mcrack (ton m)	kontrol
DL	9	0.548	0.061	0.017	OKE !!	0.119	27.5	OKE !!!
DL + LL	9	1.035	0.115	0.004	OKE !!	0.224	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ex	9	0.991	0.110	0.031	OKE !!	0.215	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ey	9	5.373	0.597	0.169	OKE !!	1.164	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 L	9	7.928	0.881	0.249	OKE !!	1.717	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 Ex	9	7.127	0.792	0.224	OKE !!	1.544	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 Ey	9	10.109	1.123	0.318	OKE !!	2.190	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ex	9	7.099	0.789	0.223	OKE !!	1.538	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ey	9	9.765	1.085	0.307	OKE !!	2.115	27.5	OKE !!!

Tabel 4. 43 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 2

Kombinasi Beban	Jumlah Tiang	Hmax (ton)	Hmax 1 tiang (ton)	δ (cm)	kontrol δ	Mmax (ton.m)	Mcrack (ton m)	kontrol
DL	6	3.370	0.562	0.106	OKE !!	1.095	27.5	OKE !!!
DL + LL	6	6.501	1.084	0.034	OKE !!	2.113	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ex	6	6.221	1.037	0.196	OKE !!	2.021	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ey	6	10.264	1.711	0.323	OKE !!	3.335	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 L	6	9.455	1.576	0.297	OKE !!	3.072	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 E _x	6	10.770	1.795	0.339	OKE !!	3.500	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 E _y	6	12.358	2.060	0.389	OKE !!	4.016	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ex	6	8.618	1.436	0.271	OKE !!	2.800	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ey	6	12.160	2.027	0.383	OKE !!	3.951	27.5	OKE !!!

Tabel 4. 44 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 3

Kombinasi Beban	Jumlah Tiang	Hmax (ton)	Hmax 1 tiang (ton)	δ (cm)	kontrol δ	Mmax (ton.m)	Mcrack (ton m)	kontrol
DL	49	-0.001	0.000	0.000	OKE !!	0.000	27.5	OKE !!!
DL + LL	49	-0.002	0.000	0.000	OKE !!	0.000	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ex	49	-0.002	0.000	0.000	OKE !!	0.000	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ey	49	179.854	3.670	0.095	OKE !!	6.834	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 L	49	201.164	4.105	0.107	OKE !!	7.643	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 E _x	49	239.807	4.894	0.127	OKE !!	9.112	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 E _y	49	270.665	5.524	0.143	OKE !!	10.284	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ex	49	239.807	4.894	0.127	OKE !!	9.112	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ey	49	272.535	5.562	0.144	OKE !!	10.355	27.5	OKE !!!

Tabel 4. 45 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 4

Kombinasi Beban	Jumlah Tiang	Hmax (ton)	Hmax 1 tiang (ton)	δ (cm)	kontrol δ	Mmax (ton.m)	Mcrack (ton m)	kontrol
DL	24	0.000	0.000	0.000	OKE !!	0.000	27.5	OKE !!!
DL + LL	24	0.000	0.000	0.000	OKE !!	0.000	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ex	24	0.000	0.000	0.000	OKE !!	0.000	27.5	OKE !!!
DL + 0.7 Ey	24	93.504	3.896	0.101	OKE !!	7.254	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 L	24	142.718	5.947	0.154	OKE !!	11.071	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 E _x	24	126.735	5.281	0.137	OKE !!	9.832	27.5	OKE !!!
DL + 0.75 LL + 0.525 E _y	24	190.291	7.929	0.206	OKE !!	14.762	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ex	24	128.239	5.343	0.139	OKE !!	9.948	27.5	OKE !!!
0.6 DL + 0.7 Ey	24	190.291	7.929	0.206	OKE !!	14.762	27.5	OKE !!!

4.7.4 Perencanaan Pile Cap

4.7.4.1 Data Perencanaan

Berikut data perencanaan pile cap tipe 1 yang akan digunakan pada perhitungan perencanaan berikutnya:

- b kolom = 900 mm
- h kolom = 900 mm
- D pancang = 800 mm
- P_u total = 838.37 ton
- P_{ijin} 1 tiang = 129.54 ton
- n Pancang = 9 buah
- Dimensi Pile Cap = 4.8 x 4.8 x 1 m
- f'_c = 40 MPa
- f_y = 420 MPa
- Dtulangan = 32 mm
- cover = 75 mm
- d_x = $T_p - d' - 0.5 d_b$
= 909 mm

4.7.4.2 Kontrol Geser Ponds

Perencanaan geser ponds sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1 dengan perhitungan sebagai berikut:

- Akibat Kolom

$$\alpha = 20 \text{ (kolom sudut)}$$

$$= 30 \text{ (kolom tepi)}$$

$$= 40 \text{ (kolom interior)}$$

$$\beta = \frac{4800}{4800} = 1$$

b_o = keliling penampang kritis

$$= 2 \times (b_{kolom} + d) + 2 \times (h_{kolom} + d)$$

$$= 7236 \text{ mm}$$

Kuat geser ponds diambil yang terkecil dari:

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

$$= 21215956 \text{ N}$$

$$V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha \times d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 24255441 \text{ N}$$

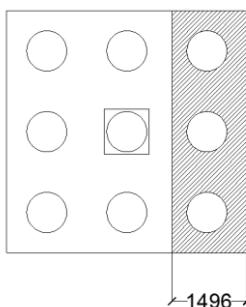
$$V_c = 0.333 \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 13852771 \text{ N}$$

$$V_c \text{ pakai} = 1385277.1 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c = 1038957.9 \text{ kg}$$

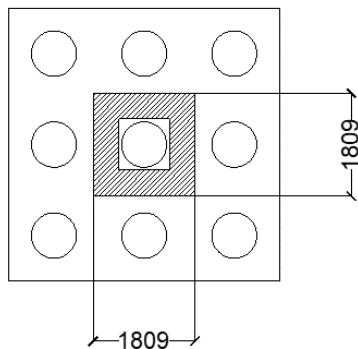
A. Geser Ponds 1 Arah



Tabel 4. 46 Area Kritis Geser Ponds 1 Arah

$$\begin{aligned}
 P_u &= n \times P_{\text{pile}} - W_u \\
 &= 3 \times 129.54 - 2.4 \times 1.496 \times 4.8 \times 1 \\
 &= 371.38 \text{ ton} \\
 \emptyset V_c &= 103.89 \text{ ton} > P_u (\text{OK!})
 \end{aligned}$$

B. Geser Ponds 2 Arah



Gambar. 4. 27 Area Geser Ponds 2 Arah

$$\begin{aligned}
 P_u &= P_{u \text{ kolom}} + W_u - n \times P_{\text{pile}} \\
 &= 838.37 + 2.4 \times 1.809 \times 1.809 \times 1 - 129.54 \\
 &= 716.69 \text{ ton} \\
 \emptyset V_c &= 103.89 \text{ ton} > P_u (\text{OK!})
 \end{aligned}$$

- Akibat Tiang Pancang

$$\beta = \frac{4800}{4800} = 1$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kritis} \\ &= \pi \times (D \text{ pancang} + d) \\ &= 5366.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat geser ponds diambil yang terkecil dari:

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

$$= 15733878 \text{ N}$$

$$V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha \times d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 22471078 \text{ N}$$

$$V_c = 0.333 \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 10273297 \text{ N}$$

$$V_c \text{ pakai} = 1027329.7 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times V_c = 770497 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c > P_{\max \text{ 1 tiang}} = 95.4 \text{ ton}$$

4.7.4.3 Penulangan Pile Cap

Penulangan Pile Cap meliputi penulangan untuk arah X dan penulangan arah Y dengan batas yang digunakan sebagai berikut:

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

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40-28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'c}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \times \frac{600}{600+fy} \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B})$$

$$\rho b = 0.0364$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho b \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B})$$

$$\rho_{\max} = 0.0273$$

$$\rho_{\min 1} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{fy} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

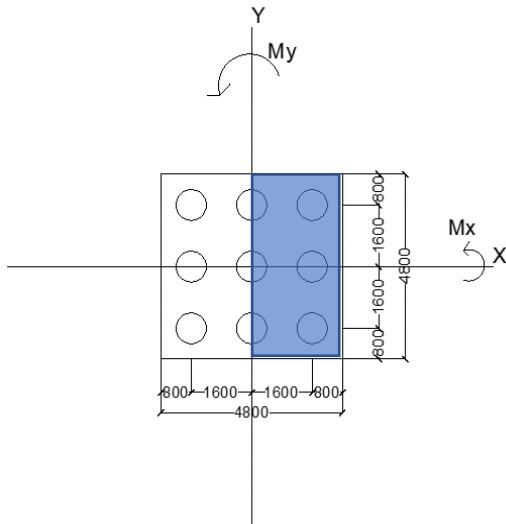
$$\rho_{\min 1} = 0.00376$$

$$\rho_{\min 2} = \frac{1.4}{fy} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\min 2} = 0.0033$$

$$\rho_{\min \text{ pakai}} = 0.00376$$

- Penulangan Tarik Arah X



$$P_{\text{max}} \text{ 1 tiang} = 129.54 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{tiang}} &= n \times P_u \\ &= 3 \times 129.54 \\ &= 388.61 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= 2.4 \times 4.8 \times 1 \\ &= 11.52 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_u &= 1.4 W \\ &= 16.13 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P_u (X) - \frac{1}{2} q_u L^2 \\ &= 575.327 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$= 5753273600 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 909 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{0.9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{5753273600}{0.9 \times 1000 \times 909^2} \\ &= 1.612 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1.153}{0.85 x 40}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00393$$

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

$$0.00393 > 0.00376$$

Sehingga digunakan $\rho = 0.00393$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d \\ &= 0.00393 \times 1000 \times 893 \\ &= 3575 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s(D32) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s(D32) = \frac{1}{4} \pi 32^2$$

$$A_s(D32) = 803.8 \text{ mm}^2$$

$$S = 1000 \times \frac{As \text{ tulangan}}{As \text{ perlu}}$$

$$= 224.8 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan lentur tarik arah X D32-200mm.

- Penulangan Tekan Arah X

$$As_{\text{perlu}} = \frac{1}{2} As_{\text{perlu tarik}}$$

$$= 1787.6 \text{ mm}^2$$

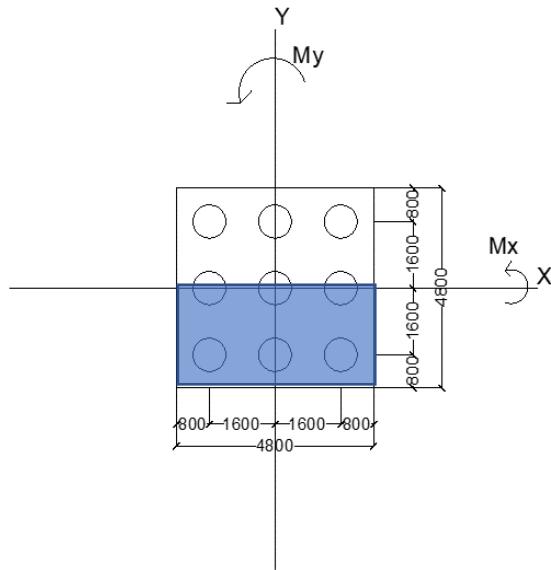
$$S = 1000 \times \frac{As \text{ tulangan}}{As \text{ perlu}}$$

$$= 449.67 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 400 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan arah X D32-400mm.

- Penulangan Tarik Arah Y



$$P_{\max} \text{ 1 tiang} = 129.53 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{tiang}} &= n \times P_u \\ &= 3 \times 129.53 \\ &= 388.61 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= 2.4 \times 4.8 \times 1 \\ &= 11.52 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_u &= 1.4 W \\ &= 16.13 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$M_u = P_u (X) - \frac{1}{2} q_u L^2$$

$$= 575.32 \text{ ton.m}$$

$$= 5753273600 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 909 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - 0.5 \times 32 = 893 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{0.9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{5753273600}{0.9 \times 1000 \times 893^2} \\ &= 1.732 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x (1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f' c}})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} x (1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1.153}{0.85 x 40}})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00423$$

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

$$0.00423 > 0.00376$$

Sehingga digunakan $\rho = 0.00423$

$$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{Pakai}} \times b \times d$$

$$= 0.00423 \times 1000 \times 893$$

$$= 3712.69 \text{ mm}^2$$

$$A_s(D32) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s (D32) = \frac{1}{4} \pi 32^2$$

$$A_s (D32) = 803.8 \text{ mm}^2$$

$$S = 1000x \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= 216.5 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan tulangan lentur tarik arah Y D32-200mm.

- Penulangan Tekan Arah Y

$$A_{s \text{ perlu}} = \frac{1}{2} A_s \text{ perlu tarik}$$

$$= 1856.34 \text{ mm}^2$$

$$S = 1000x \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= 433 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 400 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan arah Y D32-400mm.

4.7.4.4 Perhitungan Penulangan Tusuk Konde

Penulangan tusuk konde direncanakan dengan rasio tulangan minimum sebesar 2% dari luas diameter tiang pancang. Tiang pancang yang digunakan memiliki ketebalan 120 mm.

$$d = 800 - 120 = 680 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.02 \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.02 \times \frac{1}{4} \pi \times 680^2 \\
 &= 7263.36 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25

$$n = A_{s\ min} / A_{s\ d25}$$

$$= 14.8$$

$$= 15 \text{ buah}$$

$$S = \pi \times d / n$$

$$= \pi \times 680 / 15$$

$$= 142 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tusuk konde D25-125 mm.

4.7.4.5 Penulangan sloof

Sloof direncanakan agar penurunan pada pondasi dapat lebih merata dan sebagai pengaku antar pondasi. Beban yang diperhitungkan pada sloof adalah berat sendiri dan beban aksial dari kolom dengan mengambil 10% dari total beban.

- Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan dalam perhitungan sloof adalah sebagai berikut:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$A_g = 120000 \text{ mm}^2$$

$$f_c = 40 \text{ MPa}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{cover} &= 50\text{mm} \\
 \text{D lentur} &= 19\text{mm} \\
 \text{D Sengkang} &= 10 \quad \text{mm} \\
 d &= 330.5 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

L sloof = 8.4m

- Penulangan Lentur

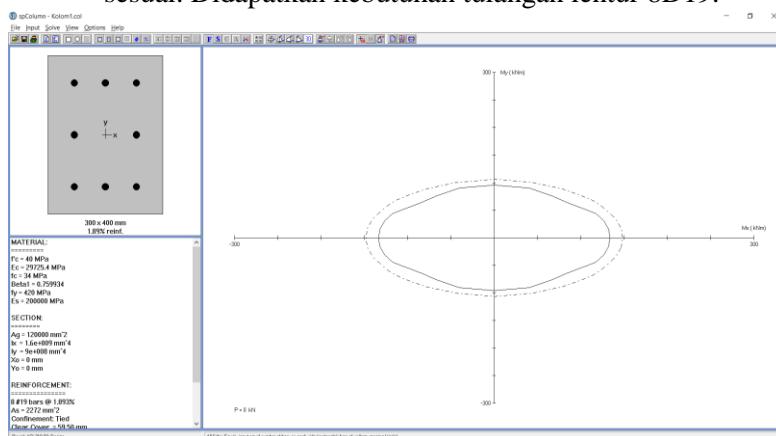
$$\begin{aligned}
 W_u &= 1.4 \times (2400 \times 0.3 \times 0.4) \\
 &= 403.2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} W_u \times L^2 \\
 &= 3556.2 \\
 &= 35.56 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{kolom}} = 10716 \text{ kN}$$

$$P_u = 0.1 \times 10716 = 1071.6 \text{ kN}$$

Perhitungan tulangan menggunakan bantuan program SpColumn dengan input data perencanaan yang telah sesuai. Didapatkan kebutuhan tulangan lentur 8D19.



Gambar. 4. 28 Penulangan Lentur Sloof

- Penulangan Geser

$$V_u = \frac{1}{2} W_u \times L$$

$$= 16934.4 \text{ N}$$

$$V_{c \min} = \frac{1}{6} \sqrt{f' c} \times b \times d$$

$$= 104513.3 \text{ N}$$

$V_{c \ min} > V_u$ (Digunakan tulangan geser minimum).

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = 165.25 \text{ mm}$$

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

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

$$A_{v \ min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y}$$

$$= \frac{300 \times 150}{3 \times 420}$$

$$= 35.714 \text{ mm}^2$$

$$A_v D10 = 78.5 > A_{v \ min}$$

Sehingga digunakan tulangan geser D10-150 mm

4.8 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam desain struktur menggunakan beton pracetak. Metode pelaksanaan akan mempengaruhi desain perencanaan dan harus dipastikan bahwa nantinya struktur dapat direalisasikan. Metode pelaksanaan ini akan membahas uraian pelaksanaan pekerjaan menggunakan beton pracetak yang digunakan.

4.8.1 Beton Pracetak

Proses fabrikasi beton pracetak dilakukan di area industri beton pracetak dengan memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- Perlunya standar dan quality control yang baik agar hasil fabrikasi dapat diaplikasikan dengan baik dipasaran.
- Dimensi ukuran yang terbatas dan relatif identik untuk masing-masing panel dan elemen pracetak akan lebih baik karena lebih menghemat dalam proses fabrikasi.
- Produk dari masing-masing pabrik akan memiliki perbedaan, maka ada dicari produk yang terbaik dan sesuai dengan kebutuhan desain.

Transportasi elemen beton pracetak juga perlu diperhatikan pada penggunaan beton pracetak. Sistem transportasi meliputi pemindahan beton pracetak di area pabrik, pemindahan dari pabrik ke lokasi proyek, dan pemindahan dari proyek ke posisi akhir. Tahap pemindahan komponen beton dari pabrik ke lokasi proyek sering menggunakan bantuan truk tunggal, tandem, atau truk tempel. Truk yang akan digunakan untuk perencanaan ini berukuran 2.4 m x 6 m dan 2.4 x 12 m dengan kapasitas hingga 30

ton. Proses transportasi di area proyek nantinya akan menggunakan tower crane.

4.8.2 Penggunaan Crane

Penentuan penggunaan tipe crane menyesuaikan dengan kebutuhan beban dan jarak jangkauan kerja yang akan digunakan. Perlu dihitung kapasitas crane yang diperlukan sesuai dengan elemen pracetak yang akan diangkat. Perhitungan estimasi berat elemen pracetak adalah sebagai berikut:

- Balok induk terbesar 45/70 (bentang 8.4 m)

$$W = 2400 \times 0.45 \times 0.7 \times 8.4 = 6350.4 \text{ kg}$$
- Kolom terbesar 90x90 cm (bentang 3.7 m)

$$W = 2400 \times 0.9 \times 0.9 \times 3.7 = 7192.8 \text{ kg}$$
- Pelat terbesar 2.4 x 5.4 m (tebal 10 cm)

$$W = 2400 \times 2.4 \times 5.4 \times 0.1 = 3110 \text{ kg}$$
- Balok anak terbesar 30/45 (bentang 6.5 m)

$$W = 2400 \times 0.3 \times 0.45 \times 6.5 = 2106 \text{ kg}$$

$$W_{\max} = W_{\text{kolom}} = 7.192 \text{ ton}$$

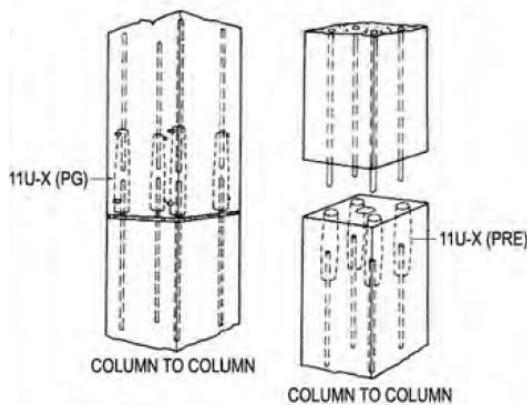
Maka dari itu digunakan crane dengan kapasitas angkat melebihi beban maksimum yang akan diangkat. Pemilihan tipe crane yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Jenis crane yang digunakan adalah TC6018 dari Tengda Group
- Kapasitas maksimum dari crane adalah 10 t dengan radius hingga 46 m.
- Digunakan 2 tower crane

4.8.3 Metode Pelaksanaan Elemen Pracetak

- Pemasangan Elemen Kolom Pracetak

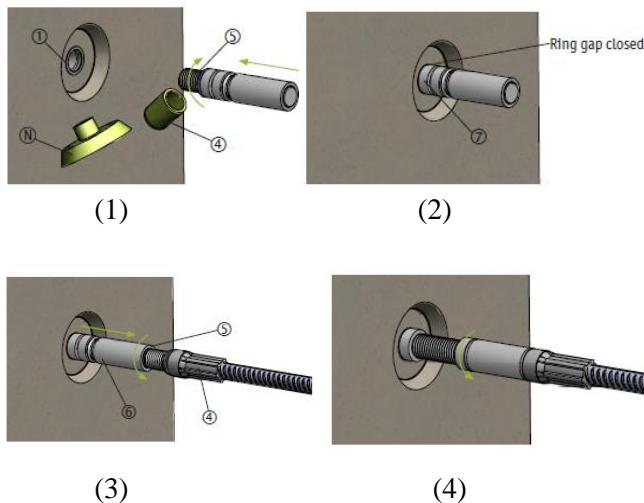
Tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran pile cap. Penulangan yang diletakkan sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan menggunakan NMB Splice Sleeve lalu dilanjutkan dengan grouting dengan mortar sesuai spesifikasi yang ditentukan.



Gambar. 4. 29 Pelaksanaan Kolom Pracetak

- Pemasangan Elemen Balok Induk dan Balok Anak

Pemasangan balok pracetak dilakukan setelah pemasangan kolom. Pemasangan balok anak dilakukan setelah pemasangan balok anak selesai. Selanjutnya dilakukan instalasi sambungan pada balok-kolom. Setelah sambungan terpasang dilakukan pengecoran pada area overtopping.



Gambar. 4. 30 Pelaksanaan Sambungan Balok Pracetak

- **Pemasangan Elemen Pelat**

Pemasangan pelat pracetak dilakukan setelah pemasangan balok induk dan balok anak telah selesai dilaksanakan. Setelah pemasangan dilakukan, dilanjutkan dengan pemasangan tulangan bagian atas plat. Pengecoran overtopping dilakukan setelah pemasangan tulangan selesai dilakukan.

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan perencanaan dalam Tugas Akhir “Modifikasi Struktur Gedung Apartemen La Viz 15 Lantai Menggunakan Beton Pracetak Dengan Shearwall” maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan struktur sesuai dengan SNI 2847:2013 adalah sebagai berikut:
 - Struktur Sekunder
 - Balok anak: 30/45 cm
 - Pelat lantai: tebal 15 cm
 - Pelat Tangga: tebal 14 cm
 - Pelat Bordes : tebal 14 cm
 - Struktur Primer
 - Balok Induk
 - BI 1 :45/70 cm
 - BI 2 :40/60 cm
 - BI 3 : 40/60 cm
 - BI 4 : 45/70 cm
 - BI 5 : 40/60 cm
 - BI 6 : 40/60 cm
 - BI 7 : 40/60 cm
 - Kolom
 - K1 : 90 x 90 cm
 - K2 : 75 x 75 cm
 - K3 : 60 x 60 cm
 - Dinding Geser

- Tipe 1 : tebal 25 cm
 - Tipe 2 : tebal 30 cm
- Pondasi
 - Tipe 1 : 9 tiang pancang
 - Tipe 2 : 6 tiang pancang
 - Tipe 3 : 49 tiang pancang
 - Tipe 4 : 24 tiang pancang
2. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS dengan beban sesuai dengan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983.
 3. Elemen pracetak menggunakan sambungan dari Peikko Group untuk balok-kolom dan NMB Splice Sleeve untuk kolom-kolom. Sambungan bersifat monolit dan panjang penyaluran dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013. Gaya aksial yang pada sambungan direncanakan agar lebih besar dari gaya aksial tulangan setelah leleh ($1.25 f_y$).
 4. Semua elemen struktur direncanakan secara pracetak kecuali shearwall dan balok kopel yang diapit oleh dinding geser.
 5. Pondasi menggunakan produk dari PT. Wijaya Karya Beton dengan jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* diameter 800 mm dengan kedalaman sesuai masing-masing tipe pile cap.
 6. Hasil dari analisa struktur dan perhitungan akan diubah menjadi bentuk gambar dengan program bantu AutoCad pada halaman lampiran.

5.2 Saran

Dari analisa dan penyusunan tugas akhir ini dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Perencanaan beton menggunakan sistem pracetak harus memperhatikan dimensi. Dimensi harus direncanakan seefisien mungkin dan diusahakan memiliki keseragaman agar menunjang efisiensi penggunaan material di lokasi fabrikasi beton pracetak.
2. Perencanaan sambungan pracetak yang menggunakan produk dari luar negeri perlu memperhatikan dimensi secara seksama karena terkadang ukuran tulangan yang digunakan bisa berbeda.
3. Perencanaan juga harus memperhatikan aspek pelaksanaan dari segi kemudahan dan kelancaran aplikasi dilapangan.

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

DAFTAR PUSTAKA

- ACI. ACI 318M-14 *Building Code Requirements for Structural Concrete*. U.S.A: American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardiasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 2847:2012 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardiasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1727:2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardiasi Nasional.
- Brzhev, Svetlana. 2011. *Precast Concrete Construction*. British Columbia Institute of Technology , Canada
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG). Jakarta, Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2006. Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa. Jakarta, Indonesia
- Dewi, Ratih Sarwendah Komala. 2011. Konstruksi Pracetak Tahan Gempa Pada Rumah Susun Sewa Sederhana Universitas Muhammadiyah Malang. Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia.
- Engstrom, Bjorn, dkk. 2008. *Structural Connection For Precast Concrete Building*. International Federation for Structural Concrete(fib): Switzerland.

- Fatalizadeh, Ali. 2017. *Introducing Two Most Common Types of Shear Walls and Their Construction Methods.* Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
- Hery, Kristiyanto., Triwiyono Andreas., Muslikh. 2019. *Beam-to-Beam Connection of Precast Concrete Structures State of the Art.* MATEC Web of Conferences.
- Irawan, Candra., Priyo Suprobo., I Gusti Putu Raka., dan Rudy Djamaluddin. 2014. A Review of Prestressed Concrete Pile with Circular Hollow Section (Spun Pile). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
- Jaillon, L., C. S. Poon. 2007. *Advantages and Limitation of Precast Concrete Construction in High-Rise Buildings: Hong Kong Case Studies.* CIB World Building Congress.
- Khare, R. K., dkk. 2011. Seismic Performance and Design of Precast Concrete Building Structures: an Onview. Journal of Structural Engineering Vol. 38, No. 3, pp. 272- 284.
- Lieping, Ye., Qu Zhe. 2009. *Failure Mechanism and Its Control of Building Structure Under Earthquake Based On Structural System Concept.* Department Civil Engineering Tsinghua University, Beijing, China.
- Negro, Paolo., Giandomenico Toniolo. 2012. *Design Guidelines for Connections of Precast Structures under Seismic Actions.* Luxembourg: European Union.
- PCI. PCI *Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 7th Edition.* Chicago: PCI Industry Handbook Committee.
- Peikko Group. 2015 PPM[®] *High-Strength Anchor Bolt Technical Manual.*

- Peikko Group. 2016. MODIX[®] *Rebar Coupler Technical Manual*.
- Peikko Group. 2017. HPKM[®] *Column Shoe Technical Manual*.
- Peikko Group. 2019. BECO[®] *Beam Shoe Technical Manual*.
- Yee, Alfred A., P. E. Hon. 2001. Social and Environmental Benefits of Precast Concrete Technology. PCI Journal.

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

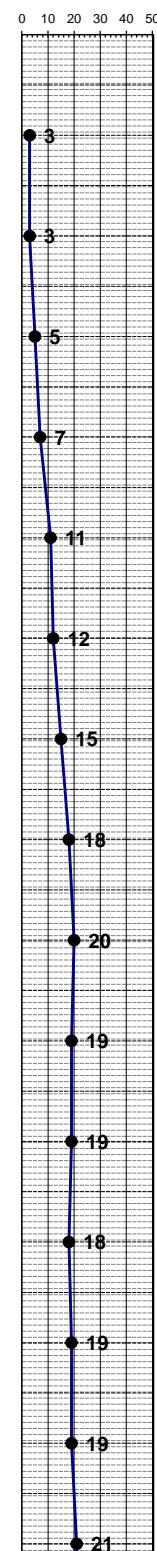
LAMPIRAN



DRILLING LOG

CLIENT							=	BORE TYPE = ROTARY DRILLING			Remarks		
PROJECT NAME							=	START OF DATE = 03 April 2015			UD = Undisturb Sample		
POINT NO.							=	FINISH OF DATE = 05 April 2015			CS = Core Sample		
WATER SURFACE							=	BORE MASTER = HARNO CS			SPT = SPT Test		
PROJECT LOCATIC							=						
Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS	SPT TEST	Standard Penetration Test		
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	N-Value	Blows per each 15 cm
											15 cm	15 cm	15 cm
0.00	0.00												
1.00	-1.00	-1.00											
2.00	-2.00	-2.00											
3.00	-3.00	-3.00											
4.00	-4.00	-4.00											
5.00	-5.00	-5.00											
6.00	-6.00	-6.00											
7.00	-7.00	-7.00											
8.00	-8.00	-8.00											
9.00	-9.00	-9.00											
10.00	-10.00	-10.00											
11.00	-11.00	-11.00											
12.00	-12.00	-12.00											
13.00	-13.00	-13.00											
14.00	-14.00	-14.00											
15.00	-15.00	-15.00											
16.00	-16.00	-16.00											
17.00	-17.00	-17.00											
18.00	-18.00	-18.00											
19.00	-19.00	-19.00											
20.00	-20.00	-20.00											
21.00	-21.00	-21.00											
22.00	-22.00	-22.00											
23.00	-23.00	-23.00											
24.00	-24.00	-24.00											
25.00	-25.00	-25.00											
26.00	-26.00	-26.00											
27.00	-27.00	-27.00											
28.00	-28.00	-28.00											
29.00	-29.00	-29.00											
30.00	-30.00	-30.00											

START OF BORING





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

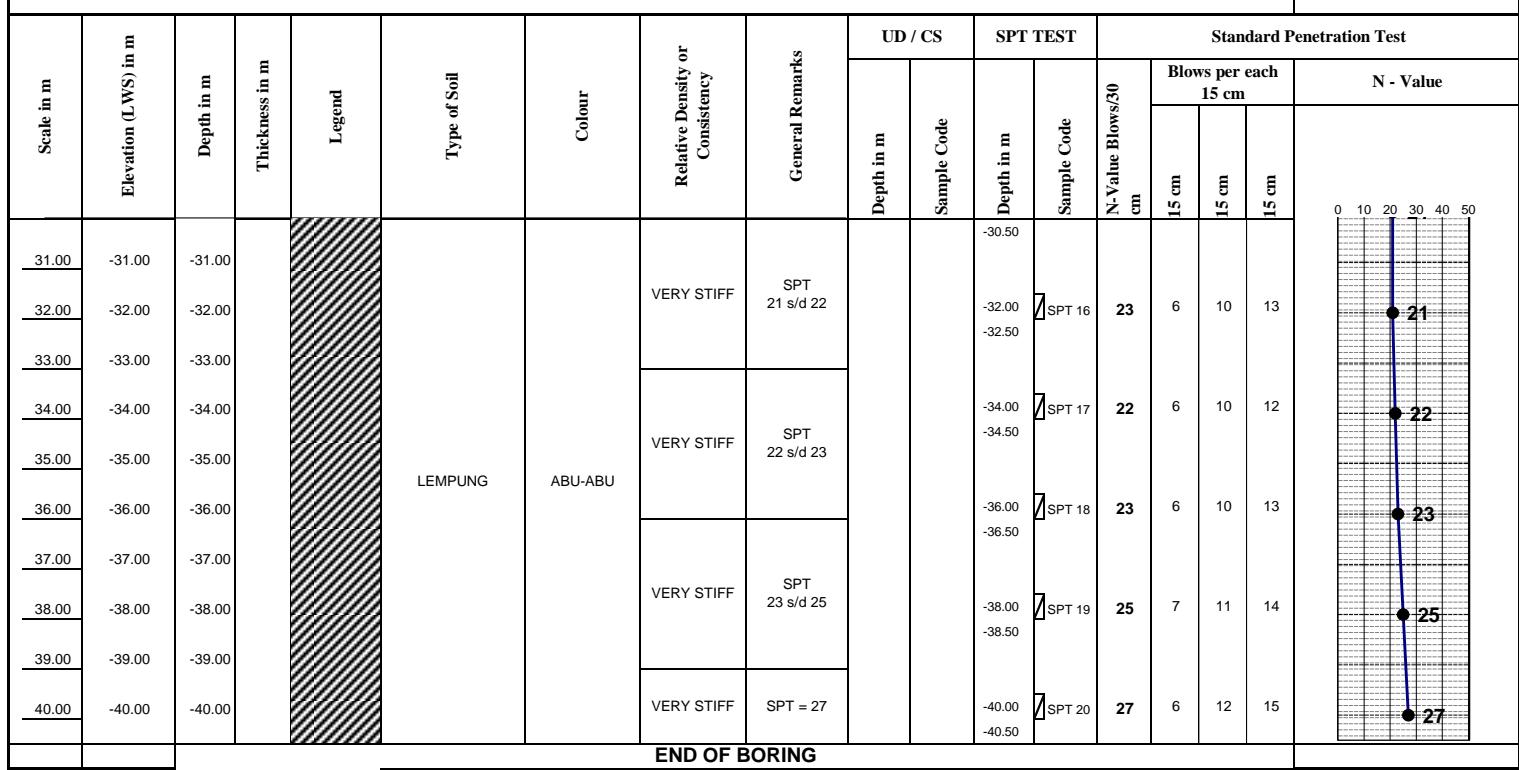
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

DRILLING LOG

CLIENT	=	PT. WIKA REALTY	BORE TYPE	=	ROTARY DRILLING	<u>Remarks.</u>
PROJECT NAME	=	APARTEMEN	START OF DATE	=	03 April 2015	UD = Undisturb Sample
POINT NO.	=	BH-2	FINISH OF DATE	=	05 April 2015	CS = Core Sample
WATER SURFACE	=	- METER	BORE MASTER	=	HARNO CS	SPT = SPT Test
PROJECT LOCATIC	=	CITRALAND, SURABAYA				





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

CLIENT : PT. WIKA REALTY

PROJECT : PEMBANGUNAN APARTEMEN

LOCATION : CITRALAND, SURABAYA

BORE POINT : BH-1

BORE MASTER : HARNO, ST

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-5.50	2.609	1.389	80.76	43.00	58.14	1.562	1.092	1.674	*	*	*
-10.50	2.658	1.375	82.17	42.51	57.89	1.595	1.119	1.698	*	*	*
-15.50	2.671	1.325	83.98	41.66	56.99	1.627	1.149	1.719	*	*	*
-20.50	2.587	1.265	82.45	40.32	55.85	1.603	1.142	1.701	*	*	*
-30.50	2.688	1.198	86.21	38.42	54.50	1.693	1.223	1.768	*	*	*
-60.50	2.712	1.124	87.540	36.28	52.92	1.740	1.277	1.806	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITY
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	ϕ	C	Cu	
-5.50	0.00	8.15	91.85	63.65	32.18	31.47	0	*	0.24	*
-10.50	0.00	8.44	91.56	63.89	30.25	33.64	0	*	0.49	*
-15.50	0.00	8.67	91.33	64.18	31.56	32.62	0	*	0.78	*
-20.50	0.00	7.68	92.32	64.24	30.42	33.82	0	*	0.86	
-30.50	0.00	7.89	92.11	64.53	33.15	31.38	0	*	0.91	*
-60.50	0.00	8.79	91.21	63.54	33.47	30.07	0	*	1.53	*

REMARK G = Gravel (%) LL = Liquid Limit (%) ϕ = Angle of internal friction (degree)
 S = Sand (%) PL = Plastic Limit (%) C = Cohesion (kg/cm^2)
 S + Cl = Silt + Clay (%) IP = Plastic Index (%) Cu = Cohesion Undrained (kg/cm^2)

Gs = Specific Gravity W_c = Water content (%) γ_{sat} = Saturated density (gr/cc)
e = Void ratio n = Porosity (%) γ_d = Dry density (gr/cc)

Sr = Degree of saturation (%) γ_t = Wet density (gr/cc)

Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm^2)

Cc = Compression Index

Cv = Compression of Consolidation (cm^2/kg)

* = Not test

TECHNICAL MANUAL



MODIX® Rebar Coupler

Safe and Flexible Rebar Coupling System

Version: PEIKKO GROUP 01/2016



1. PRODUCT PROPERTIES

MODIX Rebar Couplers are used to create threaded connections between reinforcement bars. MODIX consists of a threaded coupler swaged onto a hot-rolled ribbed reinforcement bar with a diameter of 10mm to 40mm. MODIX is typically used to:

- Create continuity of reinforcement in concrete elements
- Fix end anchors to the reinforcement bar
- Fix the reinforcement bar to a steel profile

Variants of MODIX are shown in the table below:

MODIX SM Standard Coupler



Threaded coupler system for connecting reinforcing bars with the same diameters.

MODIX PM Position Coupler



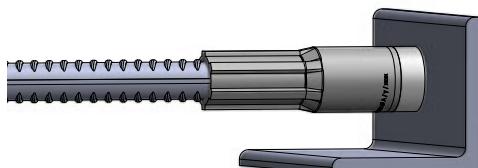
Threaded coupler system for bars that cannot be turned and moved in an axial direction, such as tapered columns with connecting bars bent at right angles.

MODIX RM Reduction Coupler



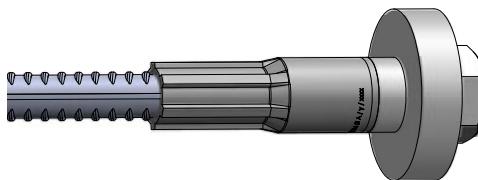
Threaded coupler system for connecting bars with different diameters.

MODIX KM Combination Coupler



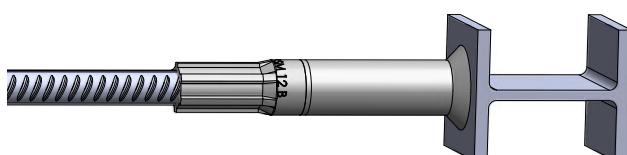
Threaded coupler system for use as a combination coupler to connect a reinforcement bar and a metric screw.

MODIX EM End anchor Coupler



Threaded coupler system for use as an end-anchor coupler including a standard screw and end-plate.

MODIX AM Welded-to Coupler



Threaded coupler system for use as a weld-to coupler for connecting reinforcement bars and steel construction elements.

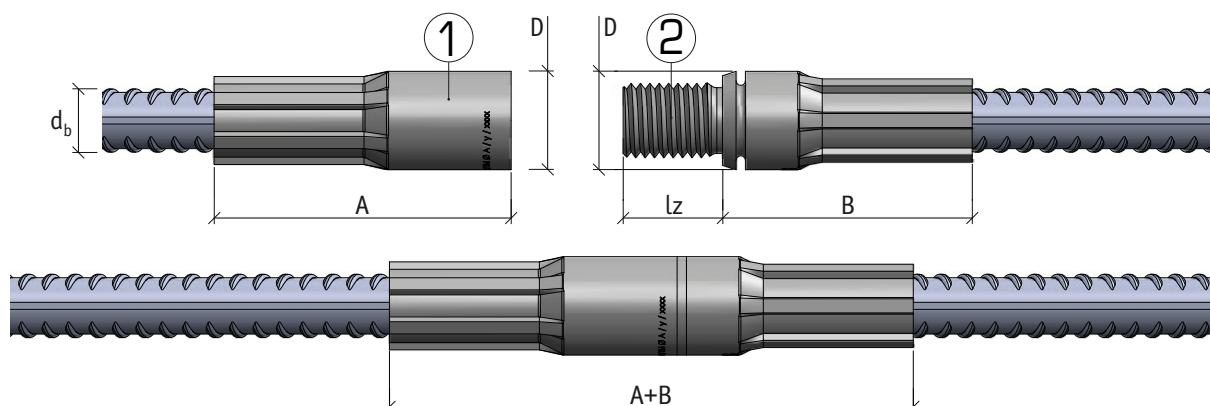
MODIX® SM (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

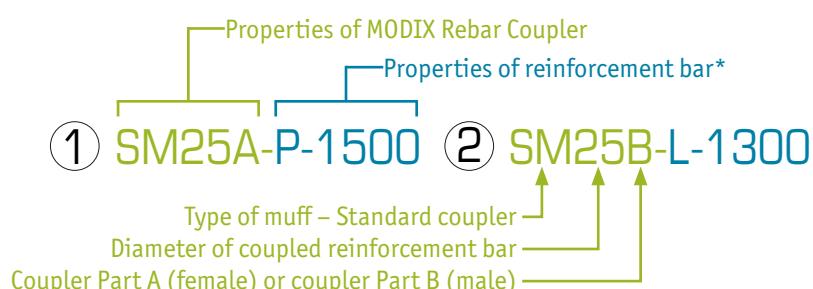


Coupler type	Bar Ø d_b [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length l _z [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 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.



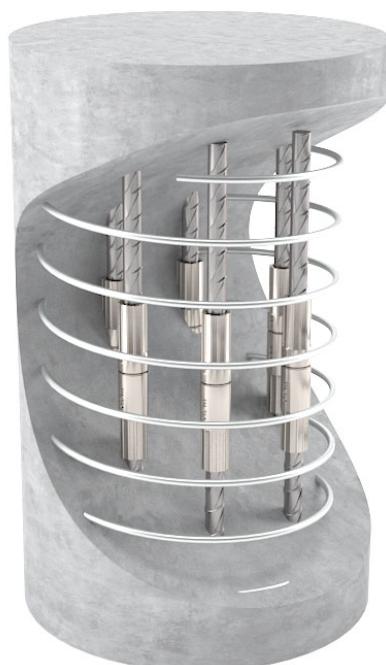
Example of a product code:



*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.



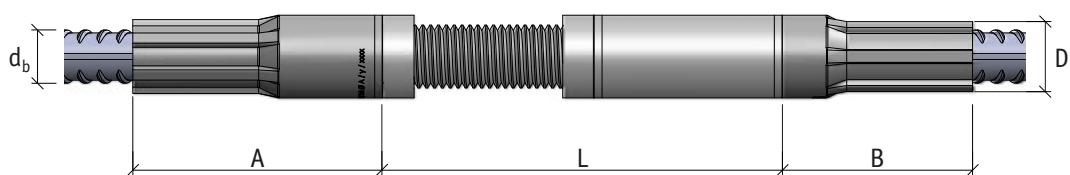
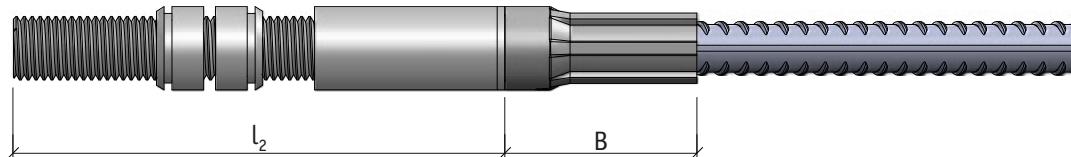
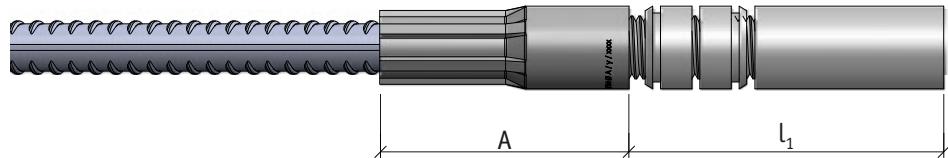
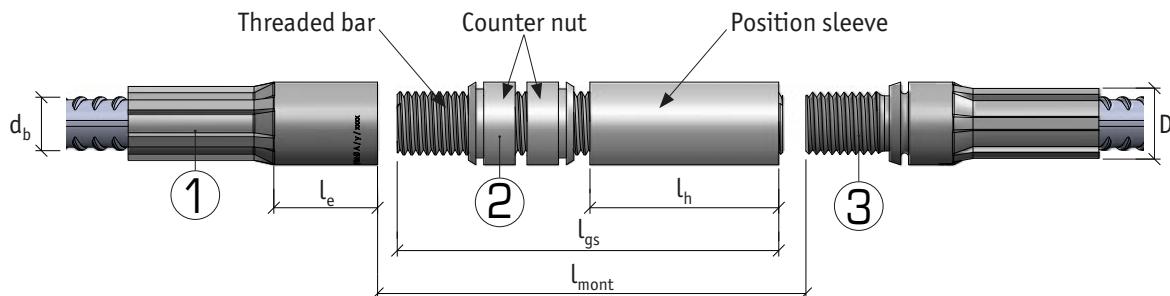
About MODIX Rebar Couplers

MODIX® PM (Position Coupler)

- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar Ø d_b [mm]	Coupler Ø 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



2. Resistances

MODIX Rebar Couplers are designed to withstand tensile or compression forces corresponding to the tensile resistance of hot-rolled ribbed reinforcement bars with characteristic yield strength of $f_{yk} = 450 - 550 \text{ MPa}$ (for example B450B, B500B and B550B according EN 10080).

The values of the fatigue stress range given in *Table 1* have been determined by testing.

Table 1. Stress variation.

Bar Diameter [mm]	$\Delta\sigma_{Rsk}$ [N/mm ²]	N
10-20	85	$2 \cdot 10^6$
25-40	75	$2 \cdot 10^6$

The SN curve of MODIX couplers may be determined analogous to chapter 6.8.4 of EN 1992-1-1 using stress exponents:

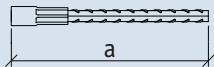
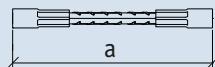
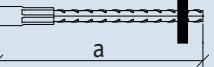
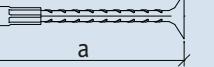
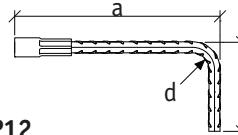
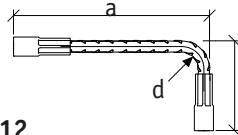
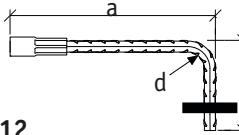
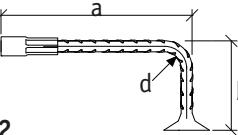
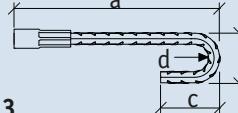
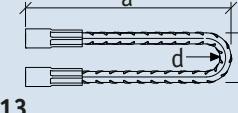
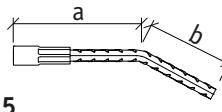
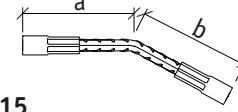
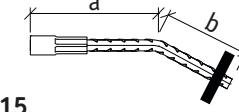
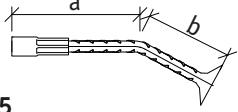
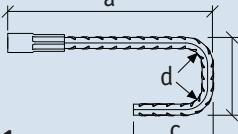
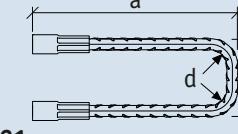
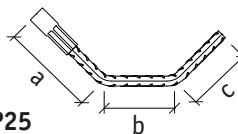
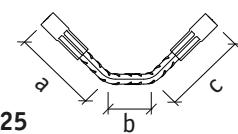
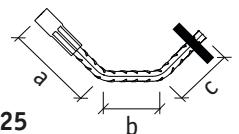
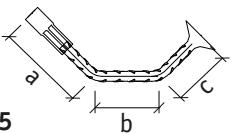
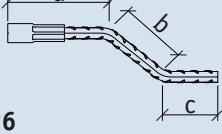
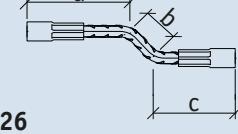
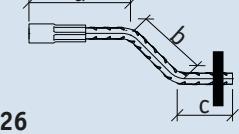
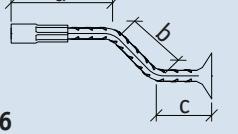
$$K_1 = 3.5 \text{ for } N = 2 \cdot 10^7$$

$$K_2 = 5 \text{ for } N = 2 \cdot 10^7$$

2.1 Fire resistance

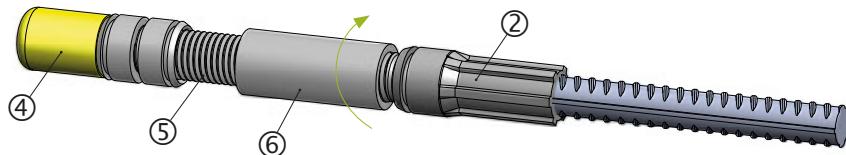
The concrete cover of the rebar couplers must be at least equivalent to the concrete cover of the reinforcement of the concrete element. If the fire resistance of the rebar coupler connection is judged to be insufficient, the concrete cover of the rebar coupler must be increased.

Table 3. MODIX rebar Product shape list.

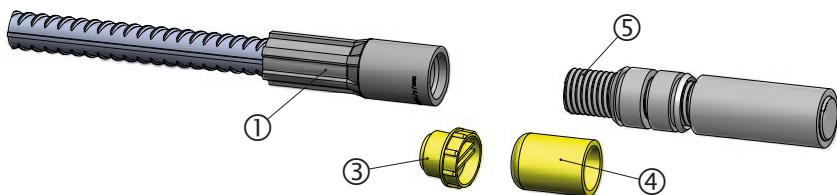
P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L – Headed stud
 P	 D	 E	 L
Total length calculation: $l_e = a$ Example of product code: SM25A-E-1200			
 P12	 D12	 E12	 L12
Total length calculation: $l_e = a + b - \frac{1}{4}d - d_b$ Example of product code: SM25A-P12-1200(500)			
 P13	 D13		
Total length calculation: $l_e = a + 0.57b + c - 1.57d_b$ or $l_e = 2a + 0.57b - 1.57d_b$ Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)			
 P15	 D15	 E15	 L15
Total length calculation: $l_e = a + b$ Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))			
 P21	 D21		
Total length calculation: $l_e = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_b$ Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)			
 P25	 D25	 E25	 L25
Total length calculation: $l_e = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(45)-600-(45))			
 P26	 D26	 E26	 L26
Total length calculation: $l_e = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(-45)-600-(45))			

MODIX PM:

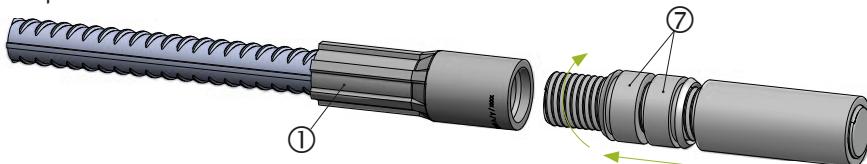
- 1.** If the MODIX PM ⑤ and coupler Part B ②, including the attached bar, are delivered pre-assembled to the site, the positioning sleeve ⑥ must be screwed off the coupler Part B ②.



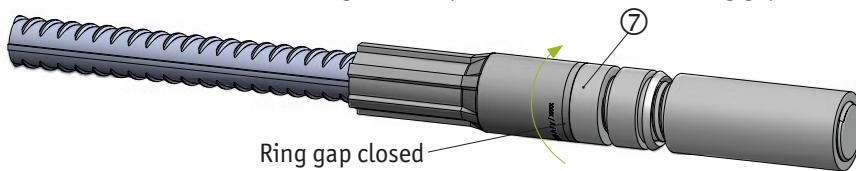
- 2.** Remove the thread protective plug ③ from coupler Part A ① and the thread protective cap ④ from the MODIX PM ⑤.



- 3.** Clean all threads properly. Visually check that the thread is not damaged. Hand-tighten the threaded bar so it sits tightly in coupler Part A ①.

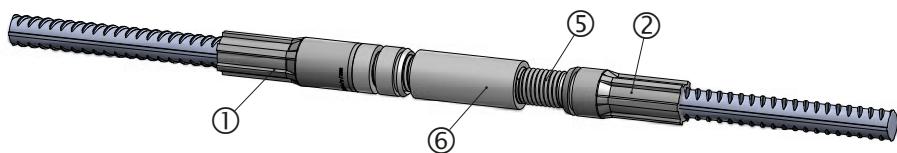


- 4.** Tighten counter nut ⑦ of MODIX PM ⑤ against coupler Part A ① until the ring gap is closed.

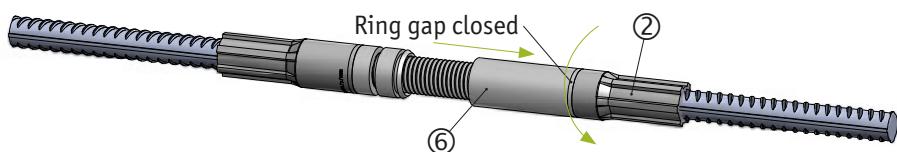


Installation of MODIX Rebar Couplers

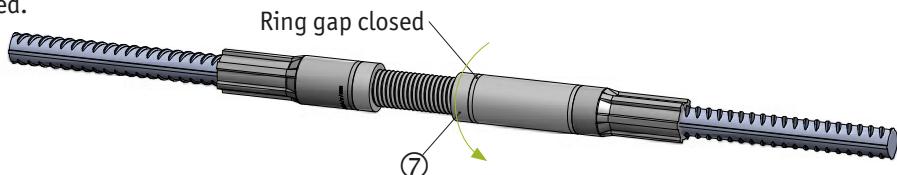
5. Align the thread of coupler Part B ②, including the attached reinforcing bar, with the threaded bar of the MODIX PM ⑤.



6. Turn the positioning sleeve ⑥ of the MODIX PM ⑤ over the threaded part of coupler Part B ② until the ring gap is closed.



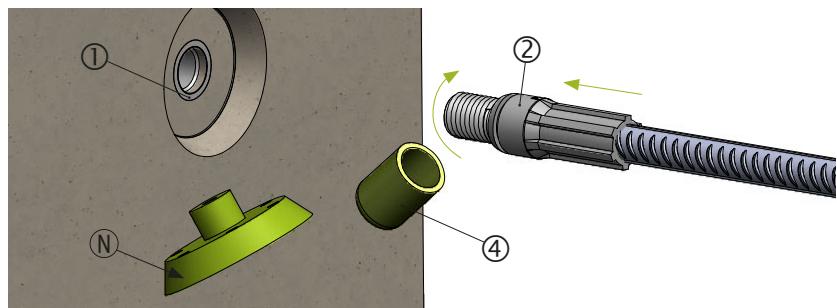
7. The second counter nut ⑦ of the MODIX PM is then tightened against the positioning sleeve until the ring gap is closed.



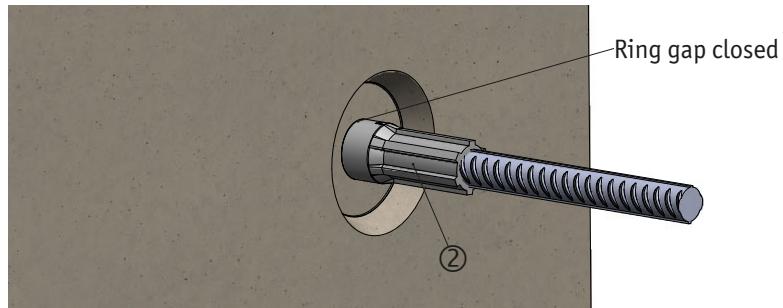
Installation of MODIX Rebar Couplers

SM B coupler or RM B coupler connected to MODIX Part A in concrete element

1. Unscrew the fixation plate (nailing ^N plate or magnetic plate) from Part A ① and remove the thread protective cap ④ directly before installing Part B ②.

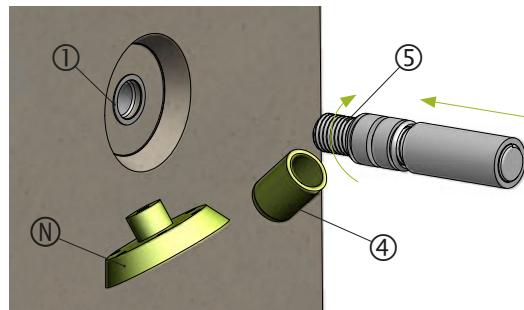


2. Coupler Part B ② is screwed onto coupler Part A ① (already cast in the concrete element). It is tightened using a wrench until the ring gap is completely closed.

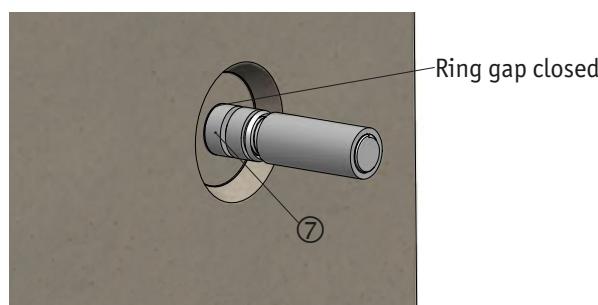


PM coupler connected with MODIX Part A in concrete element

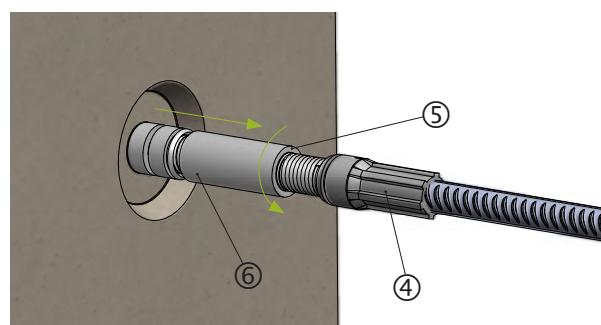
- 1.** Remove the nailing **(N)** plate from coupler Part A **(1)** in the concrete element and the thread protective cap **(4)** from the MODIX PM **(5)**.



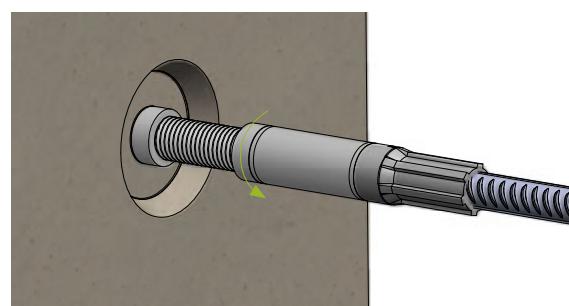
- 2.** Hand-tighten the threaded bar so it sits tightly in coupler Part A **(1)**. Tighten counter nut of MODIX PM **(7)** against coupler Part A **(1)** until the ring gap is closed.



- 3.** Align the thread of coupler Part B **(2)** of the MODIX PM **(5)**.



- 4.** Turn the positioning sleeve **(6)** until the ring gap is closed. The second counter nut **(7)** is then tightened against the positioning sleeve until the ring gap is closed.



NMB SPLICER-SLEEVE® SYSTEMS



REVISED
2017



The Paramount Tower, San Francisco

Over 30 Million Sold World-Wide



Splice Sleeve North America, Inc.



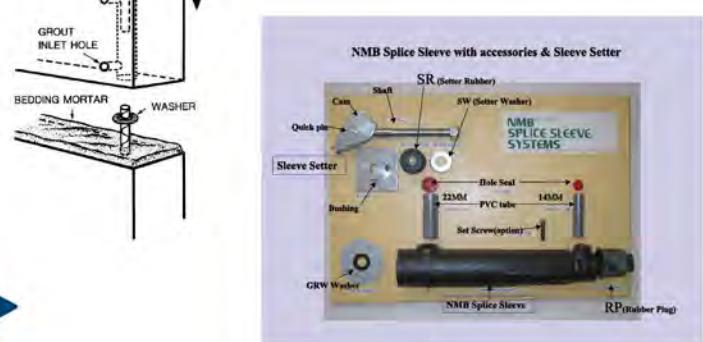
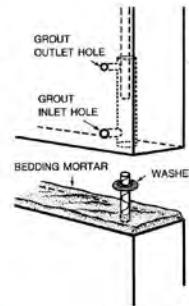
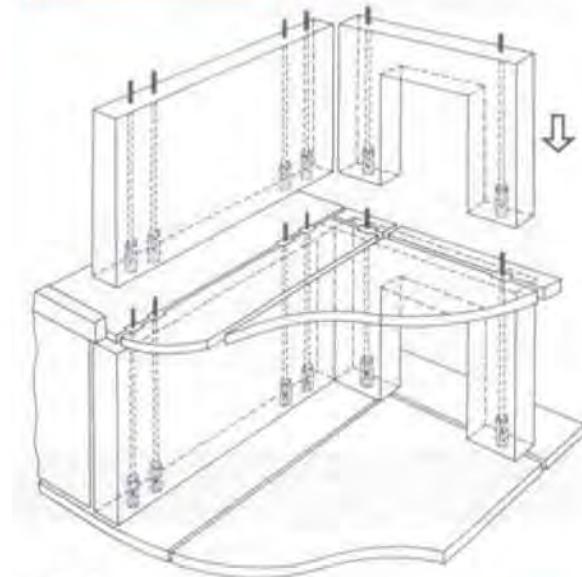
NMB SPLICE-

The **NMB SPLICE-SLEEVE®** is an efficient coupler for splicing reinforcing bars which uses a cylindrical-shaped steel sleeve interior of which is filled with **SS MORTAR®** grout a cementitious, non-metallic, non-shrink high-early-strength grout. Reinforcing bars to be spliced are inserted into the sleeve to meet approximately at the center of the sleeve. The resulting splices will develop tensile and compressive strengths in excess of the specified minimum for ASTM Grade 60 bars conforming to the ACI Building Code Requirements for both Type 1 and Type 2 conditions.

The **NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEM** is a proven method for connecting precast reinforced concrete structural members. At the precast plant, the sleeves are embedded precast element on one end of the main reinforcing bars to be connected. The bars protrude from the other end of the precast member. At the building site, the precast members are joined by inserting the protruding bars from the end of one precast member into the sleeves of the adjacent member. The sleeves are then grouted, in effect making the reinforcing bars continuous through the connection.

This is called "Emulation" and the **NMB** is categorized as an emulative connection for precast systems. (Refer to ACI 550.1R-09 for more information).

Patented Worldwide



The NMB SPLICE-SLEEVE[®] is particularly appropriate for use in joining vertical precast concrete structural elements (columns and shearwalls). This is because the sleeve can be embedded completely in the precast elements at the manufacturing yard and when the elements are joined in the erection process, there is no need to make a closure pour or to perform other cosmetic patching after the bars are joined. This is sometimes referred to as a "blind" connection. When used in cast-in-place situations, the NMB SPLICE-SLEEVE performs the same function as other mechanical rebar splicing devices, basically that of extending the rebar length.

APPLICATIONS

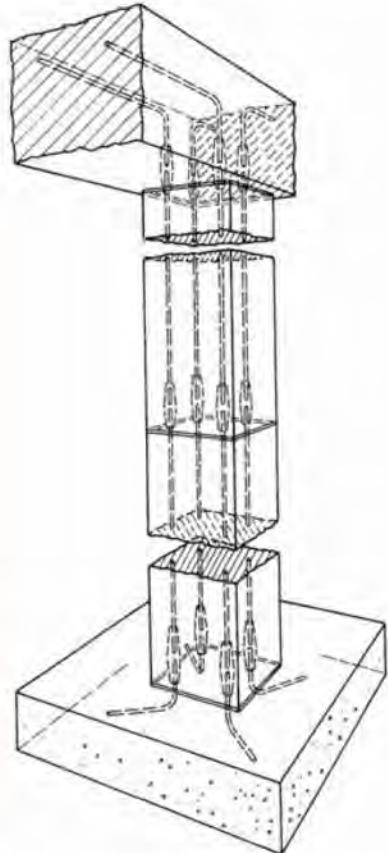
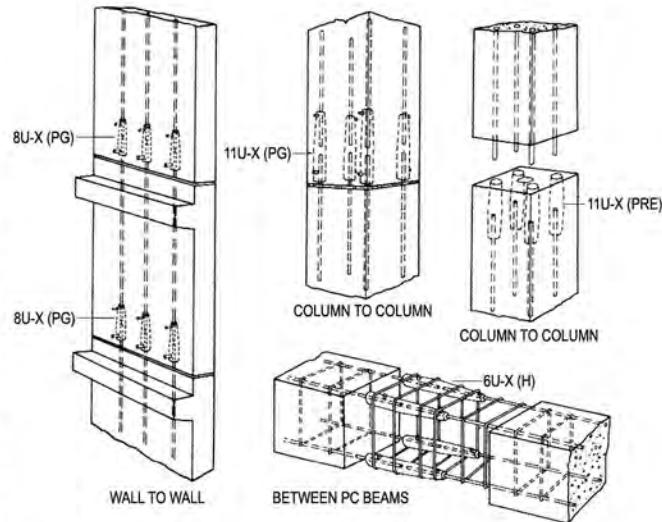
NMB SPLICE-SLEEVES have been used in a number of different applications both in cast-in-place and precast concrete structures.

Precast Concrete Connections:

- Column-to-column
- Column-to-beam
- Column-to-foundation
- Beam-to-beam
- Shear wall to shear wall
- Shear wall to foundation
- Elevator and stair cores
- Airport control towers
- Bridge piers and Pier caps
- Caissons
- Large diameter hollow columns

Cast-in-place Concrete Structures:

- Connections of prefabricated column reinforcing cages
- Connections of new bars to old in vertical and horizontal rehabilitation work
- Stress relief joints in post-tensioned cast-in-place floor slabs

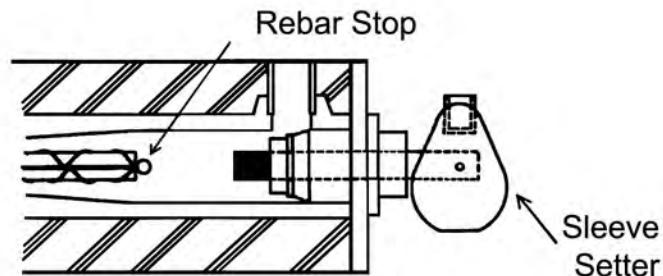




NMB SPLICE-

NMB SPLICE-SLEEVES are installed and held firmly in place in the forms during concrete pouring by means of a Sleeve Setter featuring a fast-acting cam operated locking device.

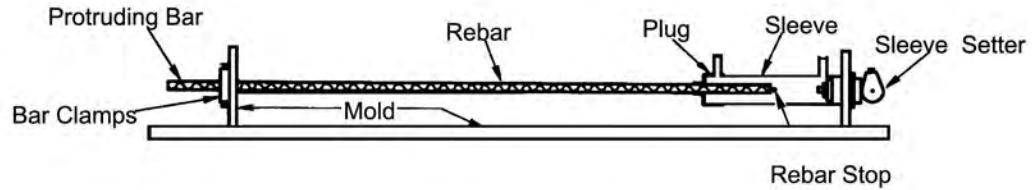
The NMB SPLICE-SLEEVE has an integral Rebar Stop in the mid-portion which assures the specified embedment of the rebar into the sleeve and an optional setscrew to hold the bar in the narrow end.



The uniform exterior dimension of the sleeve permits use of stirrups or hoops of the same size throughout the length of the sleeve.

No special treatment such as threading of rebar ends is required.

NMB SPLICE-SLEEVE can connect bars of the same size or up to two sizes smaller than the sleeve size.



The NMB can be epoxy coated and used to connect epoxy coated bars without removing the coating.



-SLEEVE[®] SYSTEMS



8 Day Bridge – Epping, NH



Salt Lake City – Front Runner Railway



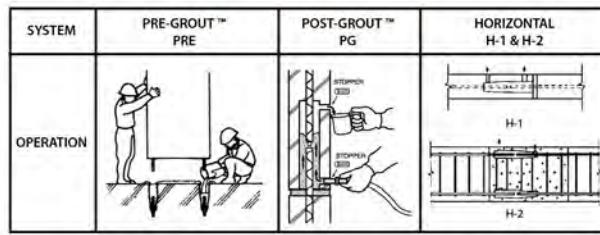
F35 Training Facility ATCT

ERCTION

During erection, precast concrete elements are set into position one of three ways (see diagrams). The rebar dowels projecting from either the foundation or opposite piece are inserted into NMB Splice-Sleeves embedded in the precast element. The wide (field) end of the sleeves is designed larger than the rebar to provide tolerance to accommodate bar misalignment. The sleeve also allows tolerance with inserted rebar length (see chart on Page 5).

If needed, additional tolerance can be gained by "Upsizing" to a bigger sleeve. This can be one or two sizes (max.) bigger than the rebar. Similar to Upsizing, different rebar sizes can be "Transition Spliced" in the NMB Splice-Sleeve (for details see User's Manual). These abilities allow all bars to be quickly mated and grouted simultaneously, saving crane time and speeding erection.

The precast elements are temporarily braced while the grout cures sufficiently in the sleeves. Typically EORs specify 4,000 psi which is comfortably above a yield strength connection. This is achieved in less than 24 hours at 68°F (see chart above), contributing to rapid construction.



SS Mortar[®] (Grout) - Compressive Strength Time vs Temperature

Curing Temp	Compressive Strength (psi)					
	12 hr	18 hr	1 day	3 days	7 days	28 days
41°F 5°C	---	834	1,869	5,823	8,871	13,860
50°F 10°C	410	1,869	2,905	6,858	9,907	14,895
68°F 20°C	1,869	3,328	4,364	8,317	11,366	16,354
86°F 30°C	2,905	4,364	5,399	9,352	12,401	17,389
104°F 40°C	3,708	5,167	6,202	10,155	13,204	18,192

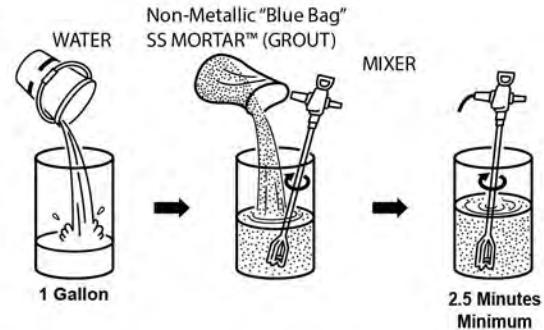
Calculated strength — calculated from the formula $(24.758 \ln x \text{ Cumulative Temperature}) - 54.183$

GROUTING

For PRE-GROUT applications, the SS MORTAR grout is simply poured into the sleeve and consolidated before the next precast member is set in position.

For POST-GROUT and HORIZONTAL applications, the grout is pumped into the sleeve by means of a hand-operated pump. With both these systems, grouting operations can be performed after bracing and do not interfere with erection progress.

In total, NMB SPLICE-SLEEVE contributes to speed of construction.



NMB SPLICE-

NMB SPLICE-SLEEVE

Steel Specification: The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

Grout Specification: The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

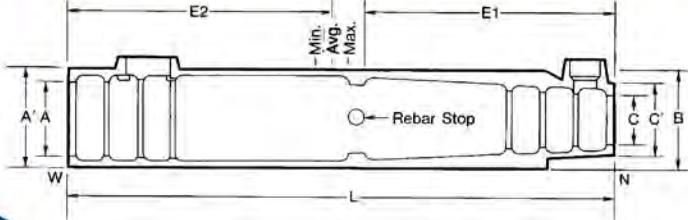
Type 2 (ACI)*	(100% $F_u = 150\% F_y = 90$ ksi)	9,500 psi
Type 1 & AASHTO	(125% $F_y = 75$ ksi)	6,500 psi
Yield Strength	(100% $F_y = 60$ ksi)	4,000 psi

NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.

*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

Sleeve No.	Bar Diameter	DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*						RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH								
		ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter		Max. Dia. (B) inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)		I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)

**The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".





JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting of precast concrete elements

Version: Peikko Group 04/2016



Technical Manual

JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting and handling of all types of precast concrete elements.

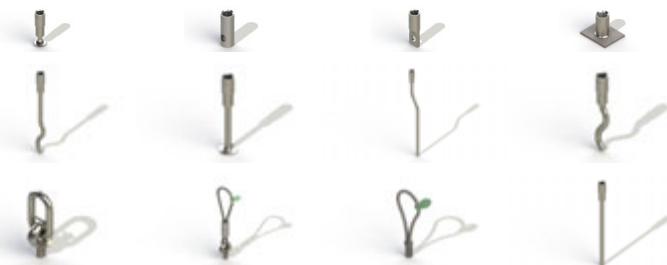
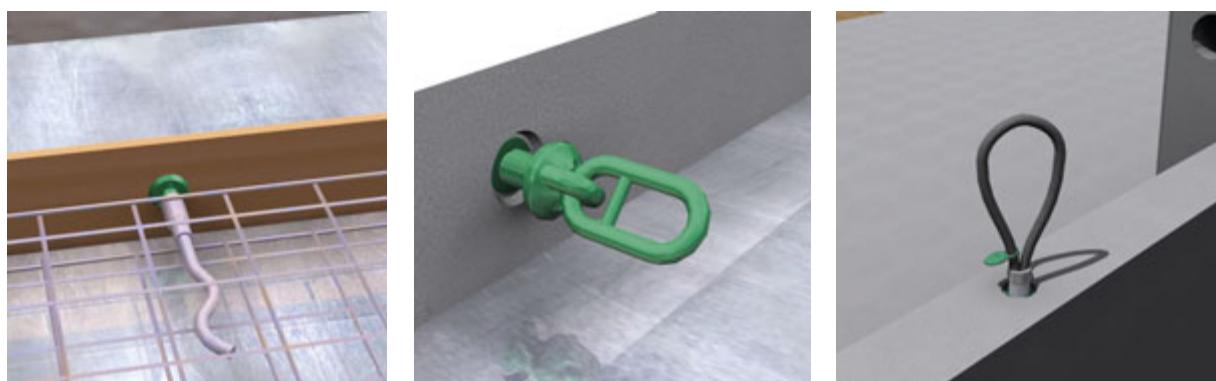
The JENKA Lifting System consists of a threaded JENKA Lifting Insert cast into a concrete element and a JENKA Lifting Key, together enabling a crane hook or lifting accessories such as lifting slings or spreader beams to be connected to the precast concrete element for lifting and handling.

The anchoring of the JENKA Lifting System is based on effective rebar and threaded sockets assembled on plane or recessed leaving the element surface free.

- The most economical lifting system
- Wide range of applications
- Safe working load (SWL) capacities up to 125kN
- Small recess – cover plugs available in plastic and stainless steel
- Color coding and individual serial numbering for JENKA Lifting Keys
- Improved working safety – no protruding above the concrete surface

All Peikko Lifting Systems are designed and manufactured in accordance with EU Machinery Directive 2006/42/EC and VDI/BV-BS 6205.

Product safety in use has been verified by a series of tests conducted in cooperation with the Technical University TU Darmstadt.



1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

JRd30: JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

JM30: JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available up on request)

1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in *Figure 20* and *Table 15*. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

Figure 20. WAS, BSA and PSA insert types.

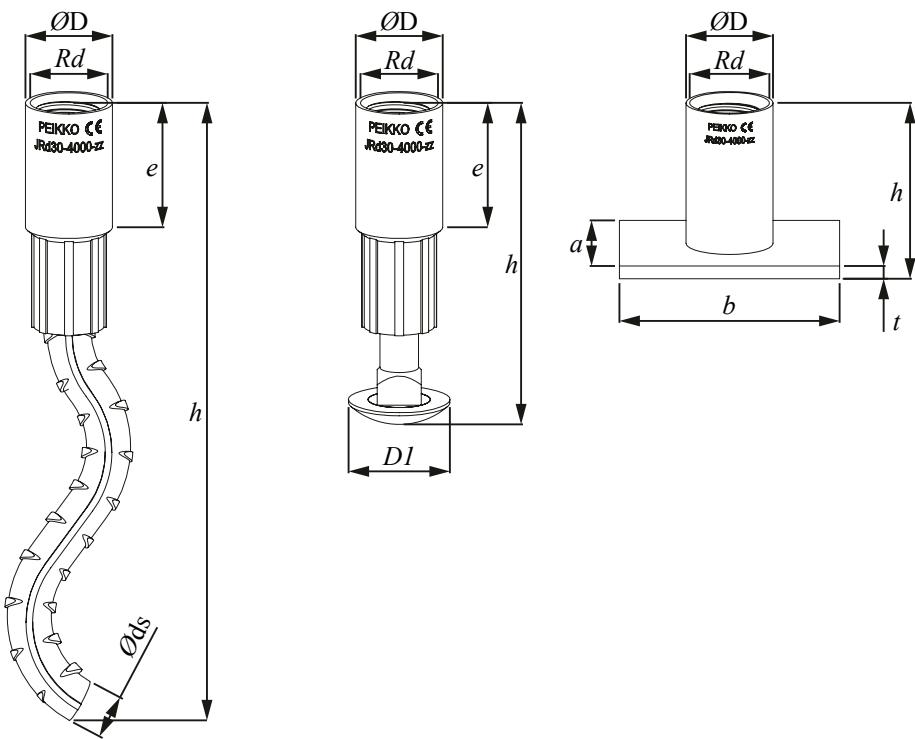
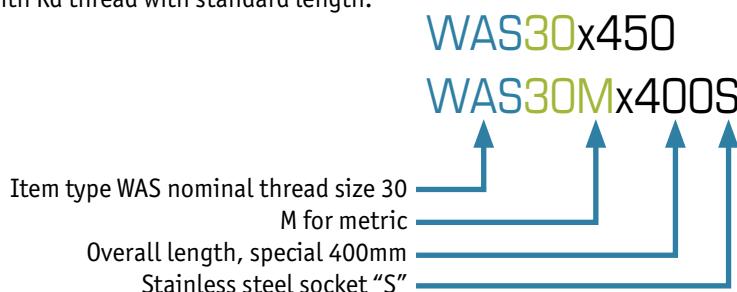


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS <i>h</i> [mm]	BSA <i>h</i> [mm]	PSA <i>h</i> [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	<i>e</i> [mm]	Øds [mm]	ØDI [mm]	a x b [mm]	<i>t</i> [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117

Ordering example for Peikko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

1.2.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA	Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]				[kg/pcs]		
12	0.1	0.1	0.1	24	0.6	0.4	0.4
14	0.1	0.1	0.1	30	1.2	0.7	0.7
16	0.2	0.1	0.1	36	2.0		1.2
18	0.3	0.2	0.2	42	3.1		1.8
20	0.4	0.3	0.3	52			2.9

1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011
Machinery directive 2006/42/EC
VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLW) can be used at an angle β of 0–45°.

The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. **The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa.**

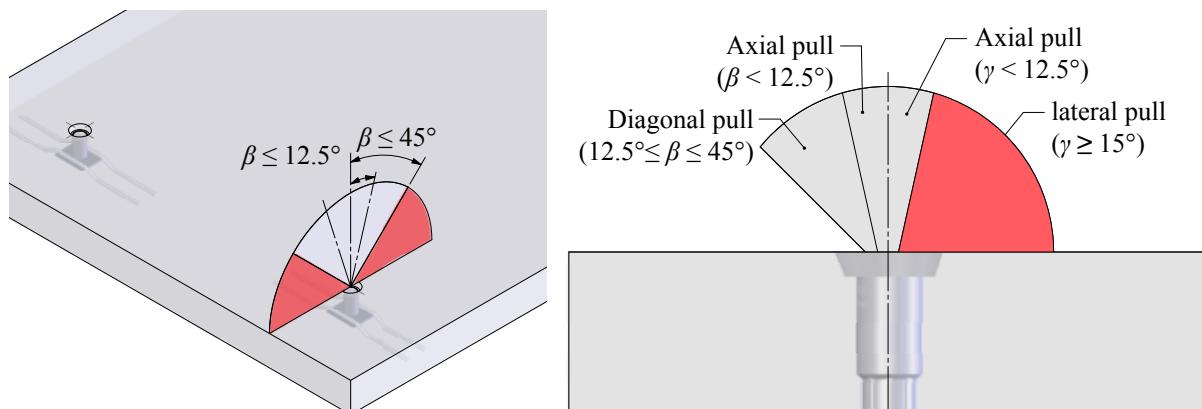
 Min
15 MPa

Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	Load Class	WAS	BSA	PSA		
		SWL for β 0–45° [kN]	SWL for β 0–45° [kN]	at 15 MPa [kN] 	at 20 MPa [kN] 	at 25 MPa [kN] 
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Peikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Peikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

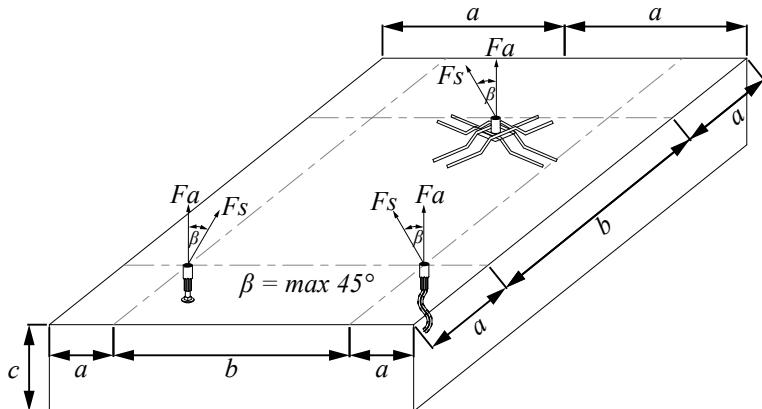
Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness c due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in *Table 18*. *Figure 22* visualizes the requirements.

Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS			BSA			PSA		
	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

Figure 22. JENKA Short Inserts geometry requirements.



PLEASE NOTE:

The geometry specification requires that installation is within the tolerances defined in section 2.

1.2.5 Reinforcement for JENKA Short Inserts

The use of lifting systems requires a minimum level of reinforcement in the concrete elements. The reinforcement that is defined by structural design can be considered by taking into account the existing cross section. The required reinforcement level can be attained using single reinforcing bars or wire mesh with an equivalent or greater cross section (mm^2/m or cm^2/m). If the designed reinforcement must be removed or cut to install the JENKA Lifting Insert, this area must be repaired by adding a similar cross section of reinforcement (single bars or wire mesh) with sufficient overlapping length.



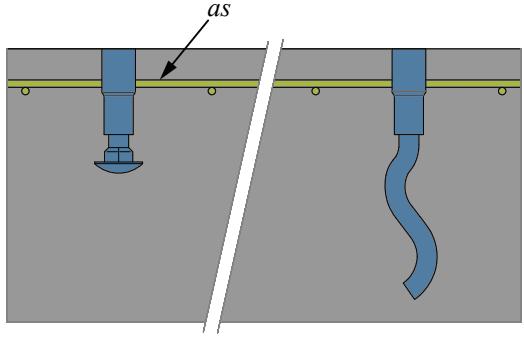
WARNING:

Always check that sufficient reinforcement is designed and installed. Too little reinforcement can result in severe accidents and collapsing elements.

The reinforcement described in this section supports only the load impact of the lifting system on the concrete element. The structural designer must bear in mind that the element may bend as a result of the transportation process. Additional reinforcement may be needed to prevent the element from cracking. This must be defined separately. Surface reinforcement (mm^2/m) must be considered and installed cross-wise for each element direction.

JENKA Short Inserts require only a top surface that must have a reinforcement layer. *Table 19* and *Table 20* show the required reinforcement level.

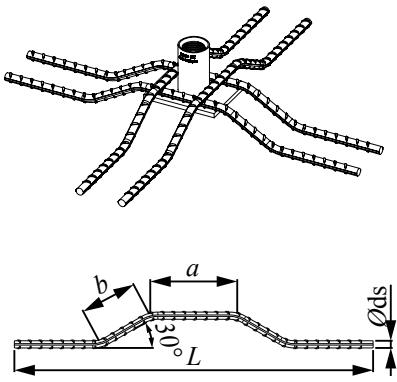
Table 19. Reinforcement for JENKA BSA and WAS Short Inserts.

Item No. JRd/JM	BSA		WAS		
	Surface reinforcement [#mm²/m]	Surface reinforcement [#mm²/m]	Surface reinforcement [#mm²/m]	Surface reinforcement [#mm²/m]	
12	131		131		
14	131		131		
16	131		131		
18	188		188		
20	188		188		
24	188		188		
30	188		188		
36			188		
42			188		

The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. *Table 20* illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

Table 20. Reinforcement for JENKA PSA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	PSA surface Reinforcement [mm²/m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			\varnothing_{ds} [mm]	L [mm]	a [mm]	b [mm]
12	131	2	6	250	60	60
14	131	2	6	360	60	70
16	131	2	8	420	90	70
18	188	2	8	530	90	80
20	188	2	8	640	90	80
24	188	4	10	640	90	100
30	221	4	12	830	90	110
36	221	4	14	1140	140	120
42	513	4	16	1250	140	120
52	513	4	20	1530	140	150



1.3 JENKA Lifting keys

1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions.

JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System's insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in *Figure 25* and *Table 22*. Peikko's standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length h upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

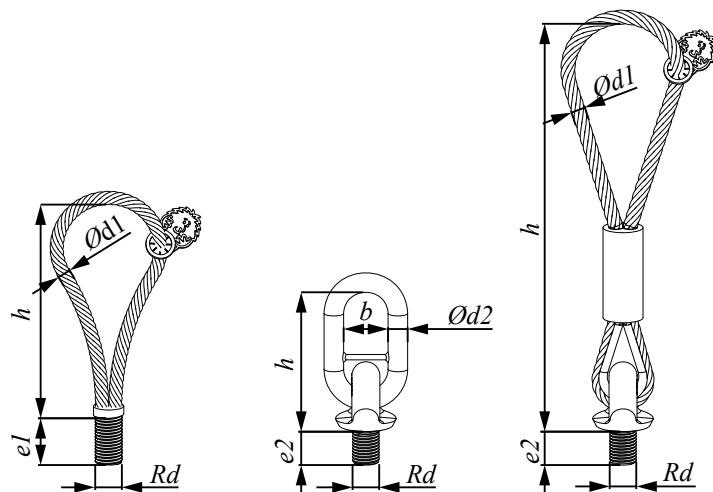
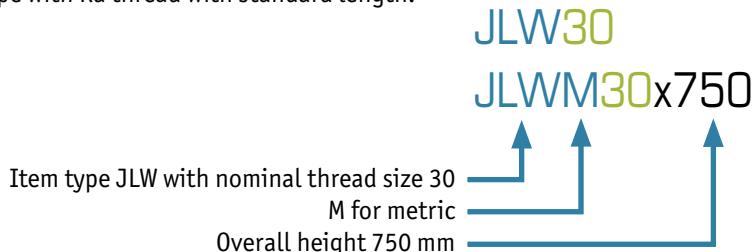


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRD/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for β 0-45°	JL, JLW SWL for γ of 90°
	Rd/M [mm]	Ød1 [mm]	Ød2 [mm]	e1 [mm]	e2 [mm]	B [mm]				[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5

Order example for Peikko JENKA JLW lifting key.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as JLW30 or JLW30x475 defines same product because a standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use following code: JLW30xh (h in mm). This also applies to TLL loops.

1.3.2 Weights of system components

Component weights are given in *Table 23*. This information is valid for both Rd and M threaded products with electro galvanized or black finishes. This table considers only the standard product dimensions.

Table 23. Weight of JENKA Lifting Keys.

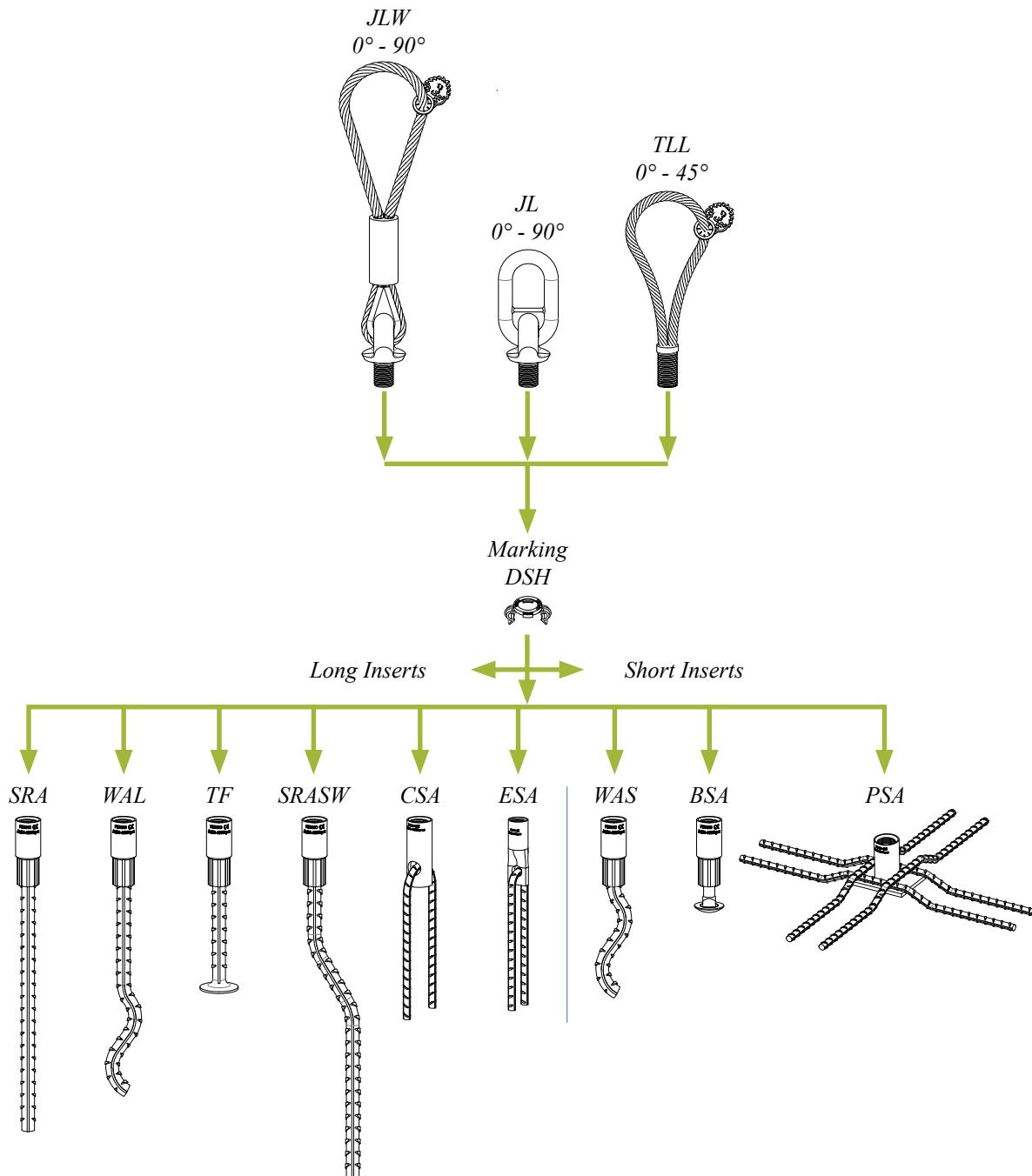
Item No. JRd/JM	TLL	JL [kg/pcs]	JLW
12	0.1	0.5	0.3
14	0.1	0.5	0.5
16	0.2	0.5	0.5
18	0.2	1.0	0.9
20	0.3	1.0	1.1
24	0.5	1.0	1.4
30	0.9	2.4	3.0
36	1.5	2.5	3.8
42	2.1	4.8	6.3
52	4.6	5.2	10.2

1.3.3 Instruction for use of JENKA Lifting Keys

When JENKA Lifting Systems are used, this manual, including the instructions for safe use, must be available at all times. Before using any of these Peikko products on building sites, the contractor must ensure that the instructions are available and have been read, understood, and followed. Misuse, misapplication, or lack of proper supervision and/or inspection can result in serious accidents.

The safe use of any lifting system requires the JENKA Lifting Key and the insert to fit properly together. The Peikko JENKA Lifting System has a color code (TLL and JLW) or a marking (JL) that defines which JENKA Lifting Key fits which insert. All original JENKA Lifting Keys can be used with all inserts without limitation as illustrated in *Figure 26*. The permitted load directions must be followed.

Figure 26. Combination of inserts with JENKA Lifting Keys.



TECHNICAL MANUAL



COLIFT Mounting System

Safe and Time-Saving Lifting of Precast Columns

Version: PEIKKO GROUP 12/2017



COLIFT Mounting System

for precast concrete elements

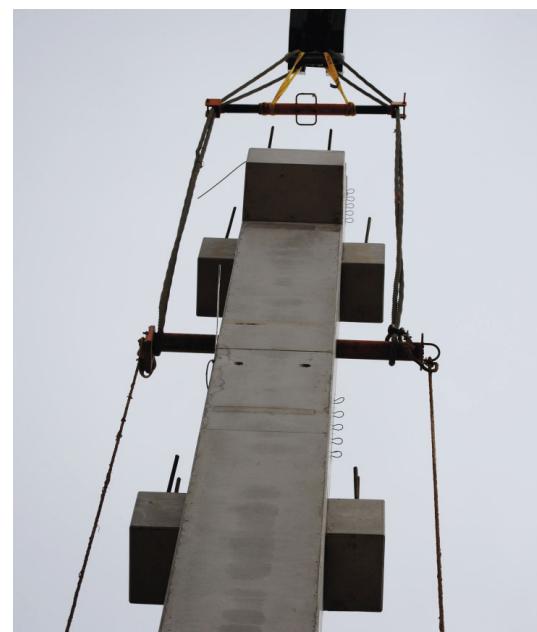
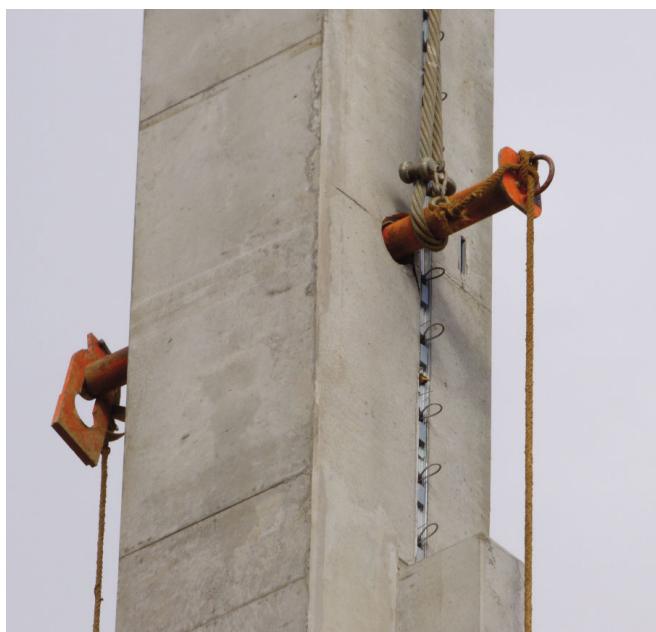
- Fast and secure mounting of precast concrete elements
- Can be remotely released with a cord
- CE marking
- Standardized mounting system for various load levels
- Minimum need for maintenance

The COLIFT Mounting System is designed for easy and time-saving lifting and handling of precast concrete elements such as columns or precast beams. The mounting system can be remotely released with a cord.

The COLIFT Mounting System is labeled and CE-marked according to the Machinery Directive 2006/42/EC.

The system consists of a mounting shaft with a slip guard and a rope strut and serves as a mounting device for lifting, moving, and placing precast concrete elements. By attaching a releasing cord to the slip guard, the system can be remotely released after securing the element in place.

Related lifting slings, wires, and cords are not part of the COLIFT Mounting System delivery.



1. Product properties

The COLIFT Mounting System is designed for lifting and handling of precast concrete columns or beams on the construction site. The design of the COLIFT Mounting System follows the requirements defined by the European Machinery Directive 2006/42/EC.

The COLIFT Mounting System is intended for lifting and tilting up concrete elements from the ground. It can also be used simultaneously in pairs for lifting long and heavy beams. The remote function of the COLIFT Mounting System enables the lifting device to be released from ground level without requiring an additional elevated working platform. The system's versatility makes it possible to attach it to precast elements of various dimensions and to use different types of slings.

COLIFT Mounting System introduction

The COLIFT Mounting System consists of the following main parts:

- Mounting shaft
- Slip guard
- Rope strut
- Slings (customer selection)

The mounting shaft (*Figure 2*) is installed in a hole in the precast element and it transfers the weight of the precast element to the slings. The mounting shaft is available in four standard models offering different safe working load ranges.

The slip guard secures the position of the slings on the mounting shaft and allows remote disassembling of the system from the precast element. After removing the slip guard with the attached cord, the mounting shaft can be pulled out from the precast element.

The rope strut (*Figure 3*) is attached to the lifting slings, ensuring that the slings are always vertical and do not touch the precast element. The rope strut enables the precast column to be tilted up. The distance of the slings from the precast element can be adjusted using a threaded rope holder. The rope strut also transfers compressive load from the inclined legs of the slings. The rope struts are available in three models and selected according to the dimensions of the lifted item. They can be combined with all four mounting shaft models.

Figure 2. Mounting shaft with slip guard.

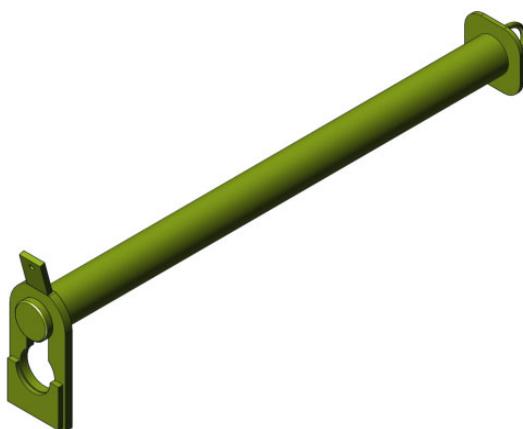


Figure 1. Assembled COLIFT Mounting System.

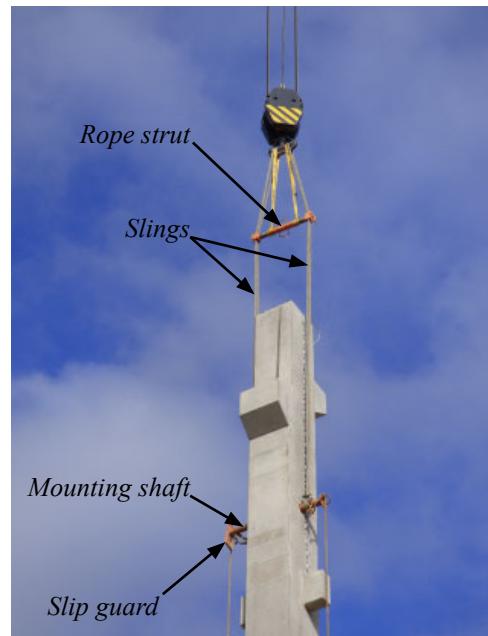
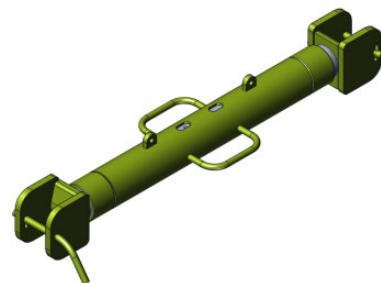


Figure 3. Rope strut.



1.1 Material properties and quality

The COLIFT Mounting System's parts are produced from special steel according to *Table 1*:

Table 1. Materials of the COLIFT Mounting System.

Mounting shaft	Alloy steel	EN 10083-3
Slip guard	Structural steel	EN 10025-2
Rope strut	Structural steel	EN 10025-2
End plate	Structural steel	EN 10025-2
Nuts	Carbon steel	EN ISO 898-1

The COLIFT Mounting System is supplied with standard primer rust protection.

Peikko Group's production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals issued by various organizations, including VTT Expert Services, Nordcert, SLV, TSUS, and SPSC.

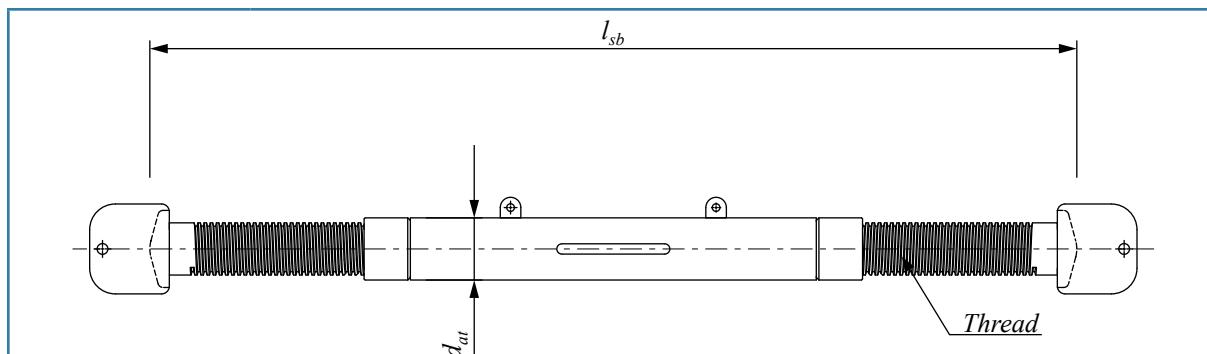
1.2 Dimensions and weights of system components

The dimensions of the standard models of COLIFT Mounting System are in *Table 2* and *Table 3*.

Table 2. Dimensions of the mounting shaft and slip guard.

Mounting shaft		Slip guard			
		MW d70	MW d90	MW d115	MW d140
d_{ms}	mm	70	90	115	140
l_{ms}	mm	1200	1400	1800	2000
h_{lock}	mm	15	18	23	33
h	mm	307	364	438	470
b	mm	170	190	220	240
Mounting shaft	kg	39	73	153	247
Slip guard	kg	5.9	9.4	15.3	22.3

Table 3. Dimensions of the rope strut.



	Unit	PS 01	PS 02	PS 03
d_{at}	mm	121	121	121
Thread		M100 × 12	M100 × 12	M100 × 12
$l_{sb,min}$	mm	1124	824	624
$l_{sb,max}$	mm	1804	1204	904
Weight	kg	73	61	54

* The rope strut can be combined with every mounting shaft model.



NOTE:

Standard delivery for each COLIFT Mounting System includes a mounting shaft, a rope strut, and a slip guard. Lifting slings and connecting ropes are not supplied by Peikko.



WARNING:

All parts of the COLIFT Mounting System produced by Peikko Group are intended only for the purposes stated in this technical manual. Never use any part of the mounting system for other purposes.

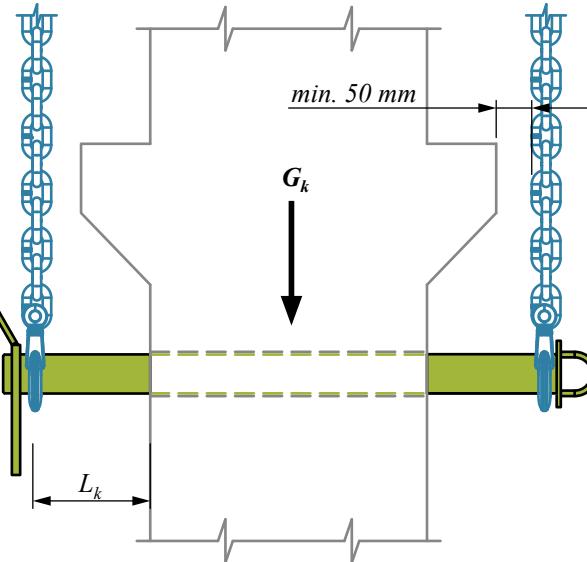
1.3 Standard safe working load for the COLIFT Mounting System

The resistance of the COLIFT Mounting System is determined by a design concept that refers to the following standards and regulations:

- Machinery Directive 2006/42/EC
- EN ISO 12100
- EN 13001
- DIN 15429:1978
- DGUV 100-500
- DGUV 201-002
- DGUV 209-013

The limiting factor that determines the working life of the COLIFT Mounting System is the fatigue of the material. Based on the requirements according to EN 13001, the COLIFT Mounting System is designed for 90,000 load cycles.

Table 4. Standard safe working load (SWL) capacities of the COLIFT Mounting System [tons].



G_k = Weight of the element [tons]

Spacing Length	MW d70	MW d90	MW d115	MW d140
	SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]
L_k [mm]	50	15.8	37.0	58.0
	250	7.0	15.5	26.5
	300	6.3	13.0	23.0
	350	5.6	11.5	20.0
350				
350				



WARNING:

The mounting shaft must be loaded symmetrically during the lifting process. The spacing between the slings and the lifted element surface must be equal on both sides. The symmetry of the load on the mounting shaft must be checked and adjusted every time.

Extended safe working load

The extended safe working load solution provides a more precise definition of the safe working load based on the real wear of the mounting shaft, the dynamic factor, and the concrete grade of the precast element. This solution requires individual justification of the wear and defining dynamic factor based on the real lifting speed and the type of crane. More information can be found in Annex B.

PC PILES

DESCRIPTION

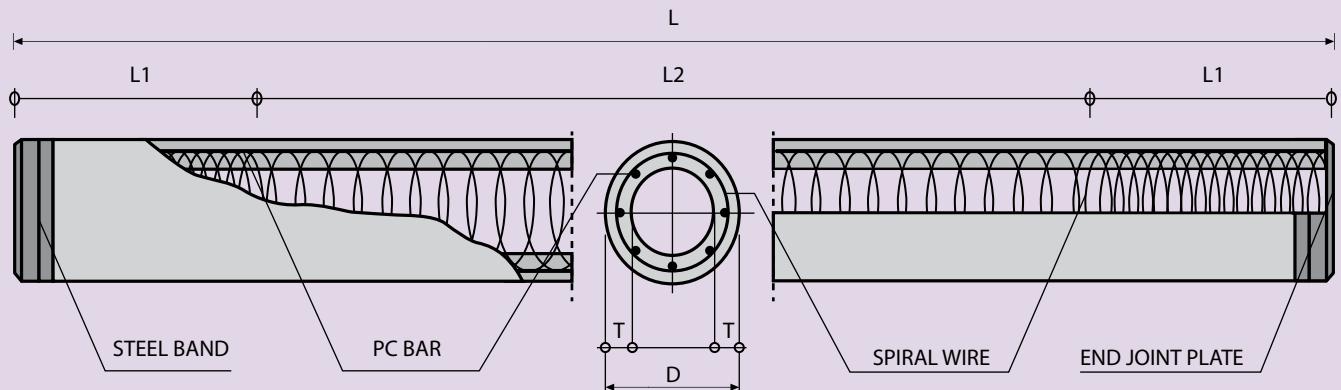
Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving :Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 -2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

SPUN PILE WITH TEKCON TECHNOLOGIES, WIKA CLT STANDARD

UPPER / MIDDLE PILE (DOUBLE JOINT)

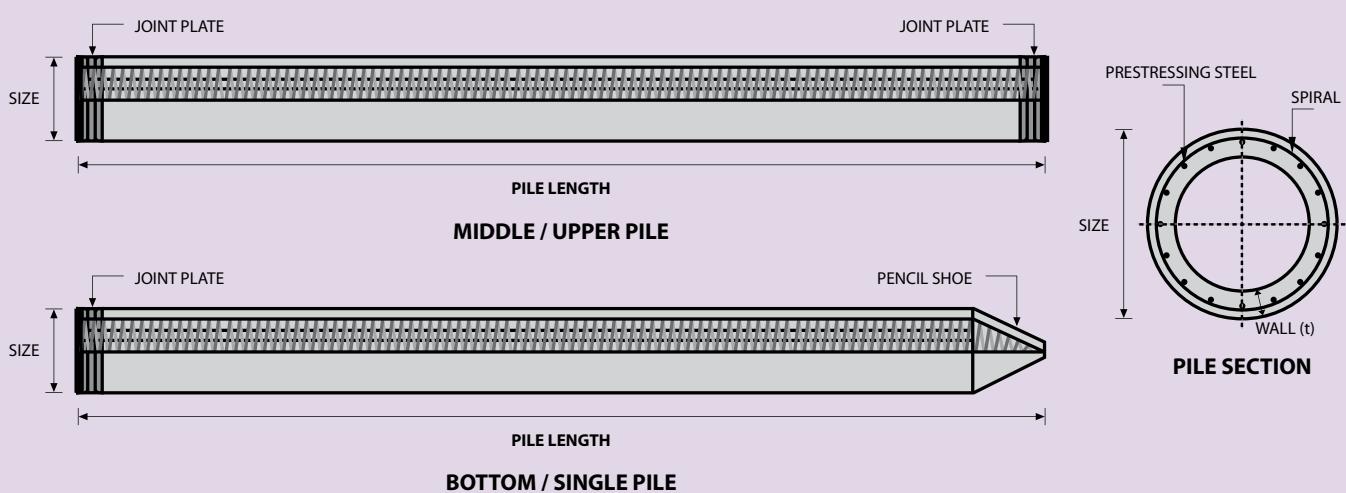


Outer Diameter of Piles D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Spiral Wire Diameter (mm)	Pitch		Length of Pitch	
			Zone L1 (mm)	Zone L2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
300	60	3.2	50	100	900	L - 2 (L1)
350	70	3.2	50	100	1050	L - 2 (L1)
400	75	3.2	50	100	1200	L - 2 (L1)
450	80	4.0	50	100	1350	L - 2 (L1)
500	90	4.0	50	100	1500	L - 2 (L1)
600	100	4.0	50	100	1800	L - 2 (L1)

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
						3.00	4.50			
						3.50	6.30			
						4.00	8.00			
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
						4.20	6.30			
						5.00	9.00			
						6.00	12.00			
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
						6.50	9.75			
						7.50	13.50			
						9.00	18.00			
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
						8.50	12.75			
						10.00	15.00			
						11.00	19.80			
						12.50	25.00			
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
						12.50	18.75			
						14.00	21.00			
						15.00	27.00			
						17.00	34.00			
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
						19.00	28.50			
						22.00	33.00			
						25.00	45.00			
						29.00	58.00			
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
						46.00	69.00			
						51.00	76.50			
						55.00	99.00			
						65.00	130.00			
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
						82.00	123.00			
						93.00	139.50			
						105.00	189.00			
						120.00	240.00			
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
						130.00	195.00			
						145.00	217.50			
						170.00	306.00			
						200.00	400.00			

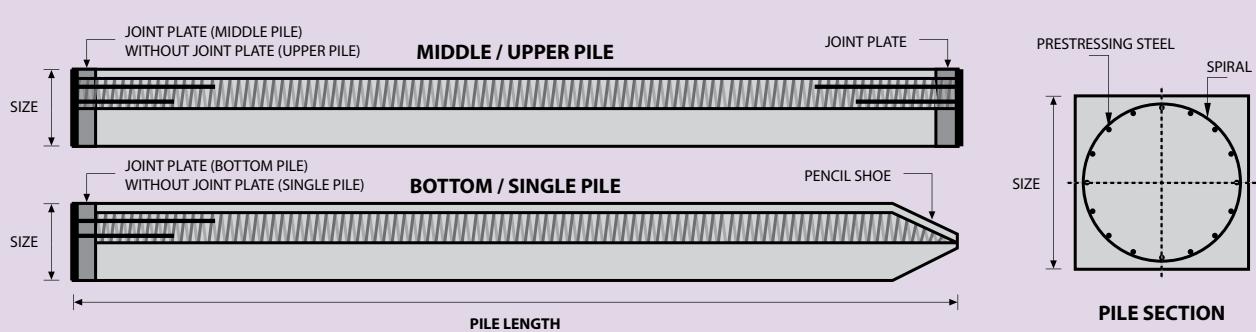
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

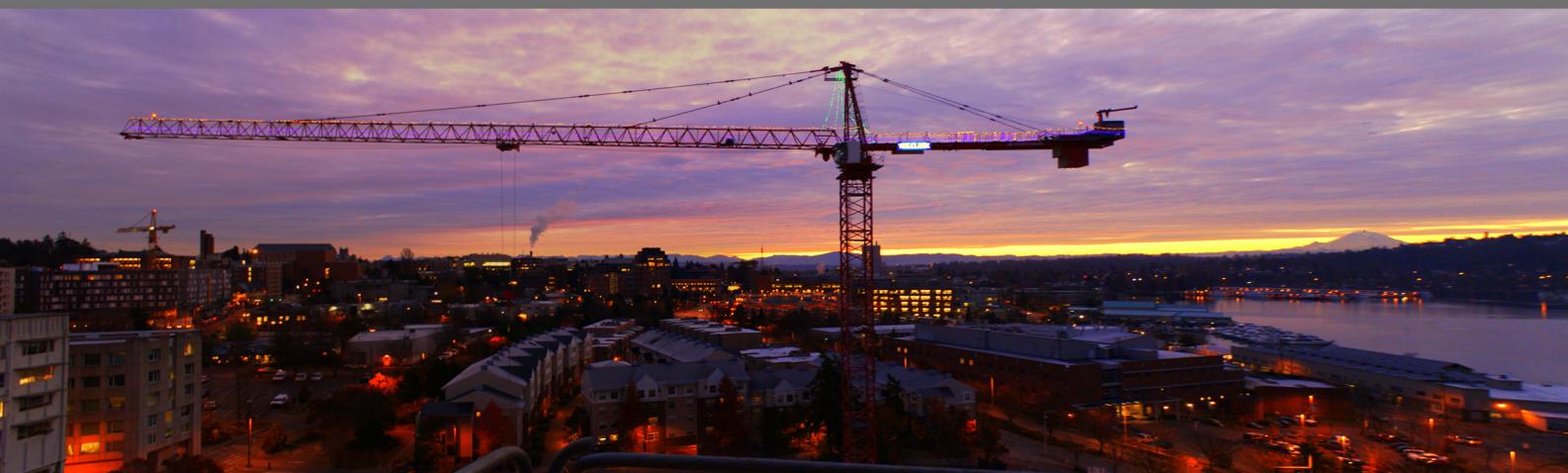
**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



Tower Crane TC6018



PT. BUANA ARTHA INDOPRATAMA

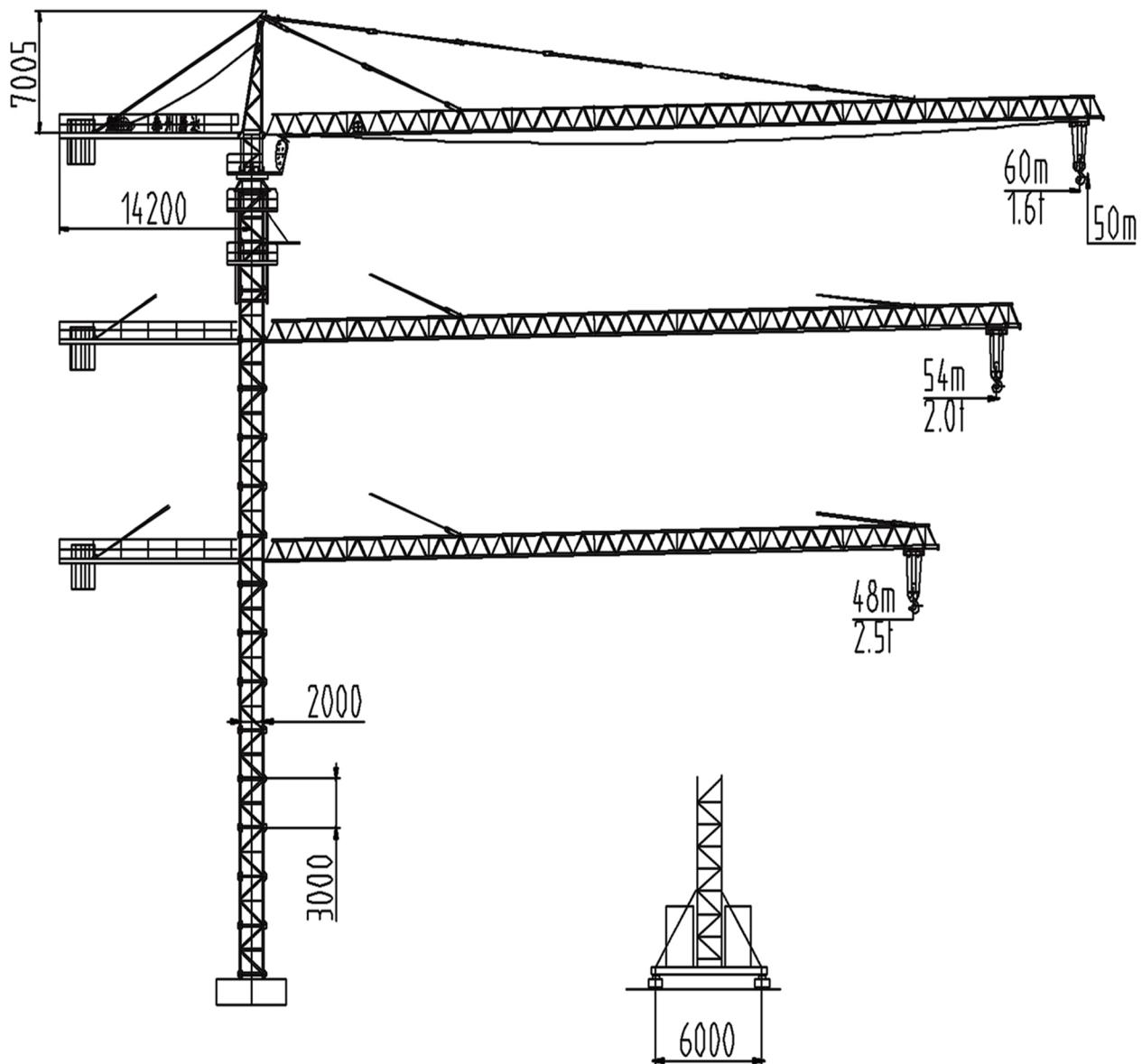
Innovation for Bright Future

Tentang Tower Crane

Semua produk Tower Crane Tengda adalah yang pertama menggunakan mekanisme 2 (dua) perputaran (dual slewing), permorma mesin stabil dan lebih baik dalam daya tahan terhadap angin.

Mengikuti kebutuhan pasar, produk Taizou Tengda Group meliputi :

1. Tower Crane secara umum : QTZ 100, QTZ 280, QTZ 263, QTZ 240
2. Tower Crane untuk beban berat : QTZ 400, QTZ 315, QTZ 250, QTZ 160, QTZ 125
3. Tower Crane tipe toples : PT 6015, PT 5613, PT 5510, PT 5210, PT, 4807
4. Tower Crane tipe luffing, etc



R	a	R (max) m	C (max) t	18	24	30	36	42	48	54	60
60	4	13.33	10.00	7.08	5.05	3.86	3.08	2.52	2.11	1.79	1.53
	2	24.49	5.00	5.00	5.00	3.93	3.15	2.59	2.18	1.86	1.60
54	4	14.05	10.00	7.53	5.38	4.12	3.29	2.71	2.27	1.93	
	2	25.85	5.00	5.00	5.00	4.19	3.36	2.78	2.34	2.00	
48	4	14.75	10.00	7.97	5.71	4.38	3.51	2.90	2.43		
	2	27.2	5.00	5.00	5.00	4.45	3.58	2.97	2.50		

Spesifikasi Tower Crane TC6018

Stationery Tower Crane TC 6018 dapat di artikan sebagai berikut : TC (Tower Crane), 60 (panjang JIB 60 meter) dan 18 (beban pada puncak jib 1,8 Ton).

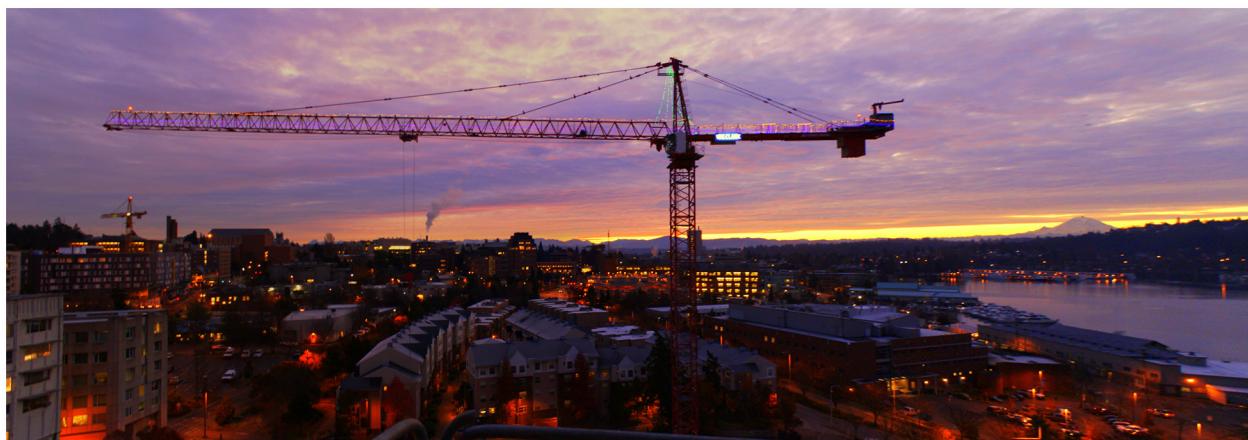
Tower Crane TC 6018 ini adalah jenis “Stationery Tower Crane” terbaru dari Tengda Group yang merupakan pengembangan produk dari Taizou Tengda Group. Tower Crane ini dapat di pergunakan untuk mendukung pembangunan gedung-gedung bertingkat, jembatan, proyek konservasi air, bangunan-bangunan perindustrian, dan lainnya.

Perincian		Parameter			
Momen pengerekan		1250kn.m			
Radius kerja		2.5-60m			
Beban pada puncak		1.8t			
Kapasitas beban maksimal		10t			
Tinggi kedudukan bebas		50.5m			
Tinggi maksimal pemasangan		200m			
Pengaturan jarak kerja		48m, 54m, 60m			
Mekanisme pengerekan (VFD+PLC)	Jumlah tali (fall)	2		4	
	Kapasitas angkat (t)	0-2.5	0-5	0-5	0-10
	kecepatan (m/min)	0-80	0-40	0-40	0-20
	Motor	YZPBF250M1-6-45KW			
Mekanisme troli (VFD+PLC)	Kecepatan (m/min)	0-56			
	Motor	YPBE132S-4-5.5KW			
Mekanisme pemutaran (VFD+PLC)	Kecepatan (m/min)	0-0.6			
	Motor	YTW112M-4-4KW*2			
Kecepatan memanjat (m/min)		0.5			
Beban penahan (t)		48m jib	54m jib	60m jib	
		15,45	17,85	18,9	
Ukuran bagian tiang (L*W*H),m		2*2*3, tipe panel			
Temperatur kerja		-40°C to 60°C			
Kecepatan angin pada kerja (m/s)		20			
Total daya (KW)		60			
Tegangan dan arus kerja		380V/50HZ			
Sudah termasuk dengan mekanisme pemanjat (selferecting/climbing mast/hydraulic jack)					

Kode	TC 6018
Tipe baja	Q345B
Manufaktur baja	Ma Steel
Bahan dasar tiang (tower)	Sudut baja: 180*180*18
Merek Mekanisme gerak	Jiangte Drive
Merek motor	Jiangte Motor
Kotak kendali kelistrikan	Schneider
Tipe mekanisme pemutaran	Pemutaran ganda
Kontrol frekwensi	VFD dan PLC Yaskawa



Radius (m)	2.5-24.55	30	35	40	46	48
2 falls(t)	5	2.74	2.62	2.5	2.4	2.3
4 falls(t)	10	6.13	2.67	2.55	2.43	2.33
Radius(m)	50	52	54	56	58	60
2 falls(t)	2.21	2.12	2.04	2	1.9	1.8
4 falls(t)	2.14	2.05	1.97	1.93	1.81	1.72



LUXEN

HYUNDAI ELEVATOR

LUXEN C-LUX-E0308/2018.04/3rd Edition

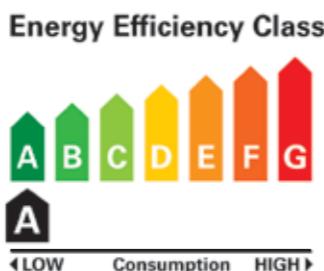


LUXEN INNOVATION 1

HIGHEST EFFICIENCY & SAFETY

Hyundai Elevator's core technologies have optimized the conditions to operate an elevator

The 1st Korean elevator to earn Germany's Class A energy efficiency rating



Luxen earned Class A energy efficiency ratings, the highest under the guidelines of the Association of German Engineers (VDI), from Germany's prestigious testing and certification agency, TÜV SÜD.

**VDI 4707 Part 1**

VDI 4707 Part 1 is an internationally recognized energy efficiency certification for elevators based on criteria such as capacity, speed, operational cycle, energy consumption, and average travel distance. There are 7 energy efficiency ratings, ranging from A for the least amount of consumption, to G, the highest.



◇ **High efficiency, gearless, synchronous traction machine**

Energy savings

The synchronous gearless traction machine has a motor that uses permanent magnets and consumes 25% less energy than induction motors.



Exceptional ride quality

Noise and vibration are significantly reduced with the elimination of interlocking gears, providing extraordinary riding comfort.

Easy Maintenance

The gearless traction machine does not use gear oil and is easy to maintain, eliminating the need for oil changes and reducing maintenance costs.



◇ **Regenerative inverter that recycles energy (optional)**

Up to 60% energy savings (PWM Type)

Energy generated while operating the elevator is recycled for up to 60% in energy savings (77.5% energy efficiency).

Machine room heat reduction

Machine room heat is greatly reduced by recycling power generated while operating the elevator instead of dissipating heat.

◇ **Magnet synchronous motor doors**

◇ **Eco-friendly LED ceiling**



Ultra-slim LED ceiling lights are long-lasting, consume little power, and reduce eye fatigue.

* Not applicable on certain ceiling options.

◇ **Highly reliable dual brakes**

Dual braking system allows brakes on one side to operate independently if brakes on the other side fail, improving safety significantly (**conforms to European EN81 international safety standards**).



**Note**

1. Colors printed in this catalog may appear different from actual colors.
2. For 10 passenger (700 kg) models and smaller, the central wall pattern on the inner surface of side panels may be omitted due to the division line between the 2 panels.
3. Please refer to page 28 for ceiling options for emergency elevators.

LUXEN DESIGN COLLECTION

► LXE-01

CAGE DESIGN

Ceiling	CD199B/Art Metal Silver (AM01), LED Bar Type Module (P022), Ceiling Plate (Painted Steel P021)
Car Wall	STS Hairline, STS Hairline Etching (SE2303)
Handrail	STS Hairline 1Pipe (1C), Chrome Bracket
Car Door	STS Hairline Etching (SE2303)
Car Operating Panel	OPP-N521/STS Hairline
Indicator	PI-D110
Flooring	LXE-01 (Deco Tile - DTE2246, DTE2251)



ENTRANCE

200U TYPE	STS Hairline/200U Type
Jamb	STS Hairline
Transom Panel	STS Hairline
Door	STS Hairline Etching (SE2303)
Hall Button	HPB-221/STS Hairline
Indicator	PI-D110

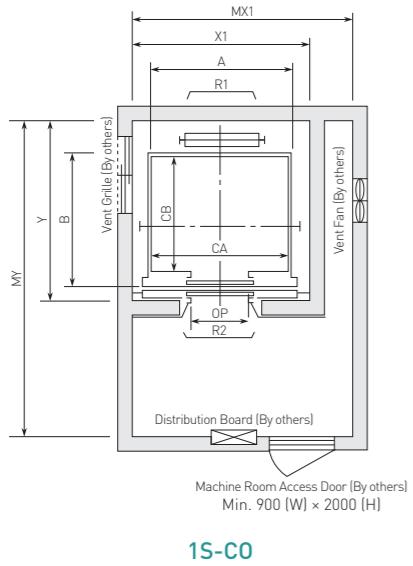
100 TYPE	STS Hairline/100 Type
Jamb	STS Hairline
Door	STS Hairline Etching (SE2303)
Hall Button	HIP-D221/STS Hairline

50 TYPE	STS Hairline/50 Type
Jamb	STS Hairline
Door	STS Hairline Etching (SE2303)
Hall Button	HIP-D221/STS Hairline

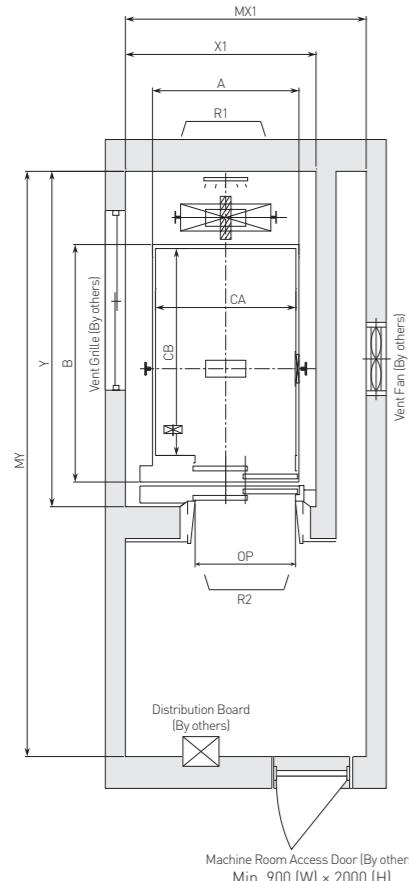
Hoistway Plan and Section

Hyundai Elevator's top technicians design spaces that maximize satisfaction

Plan of the Hoistway & Machine Room

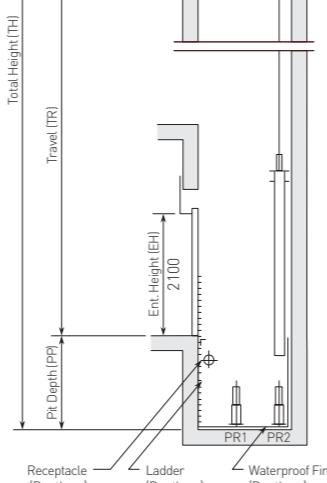
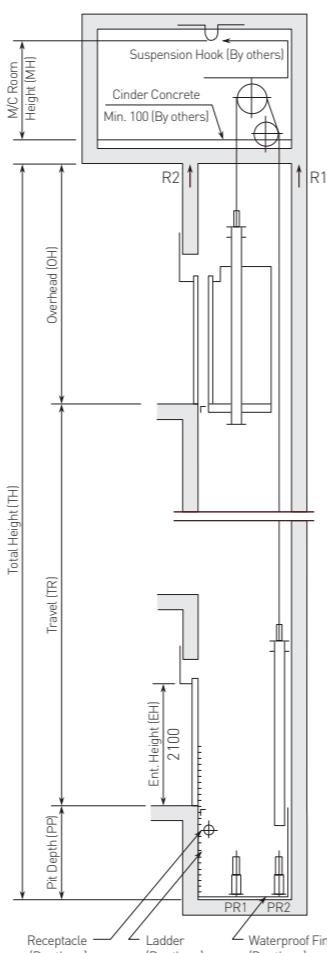


1S-CO



2S-SO

Section of the Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Center Open

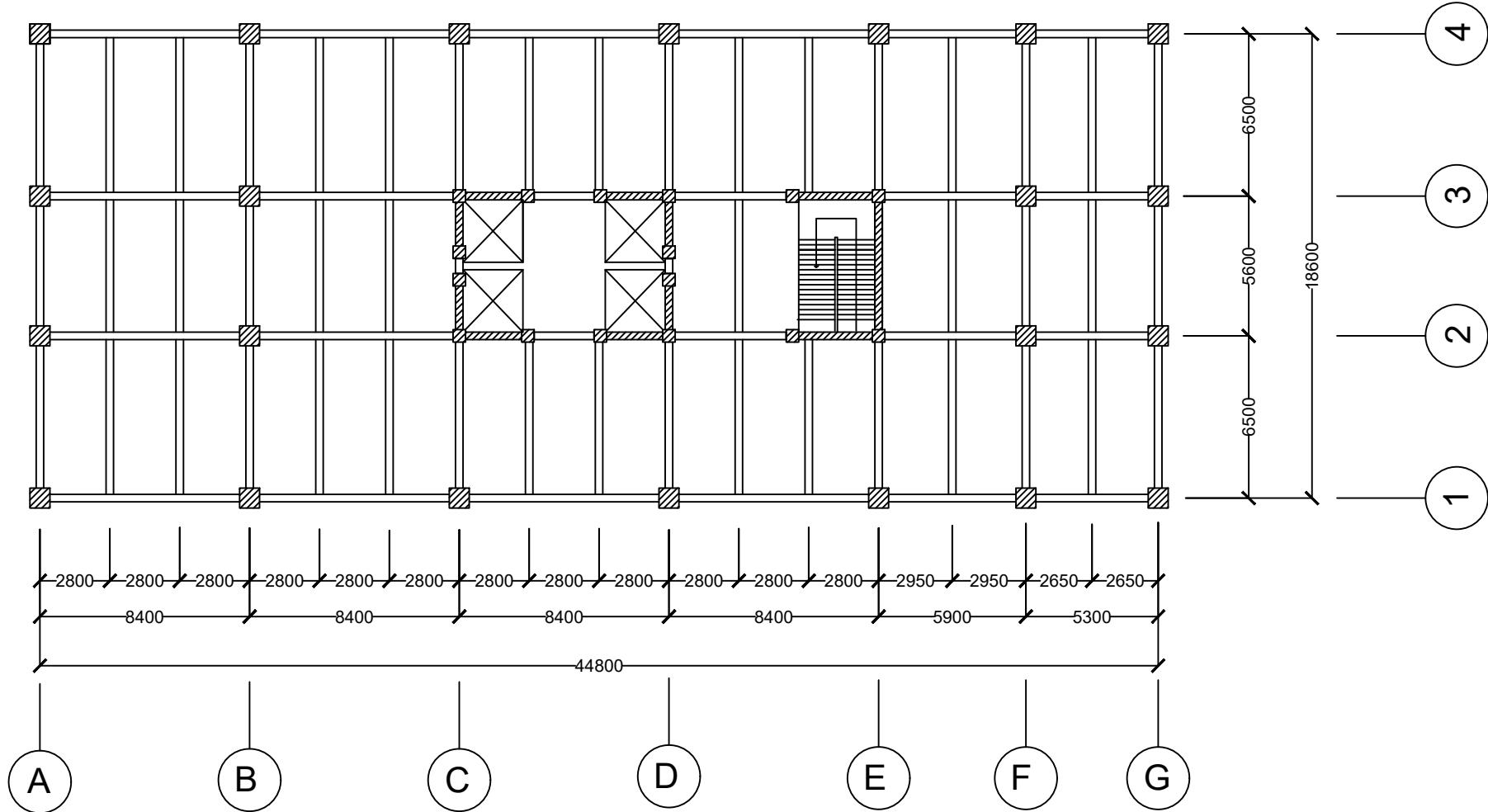
Persons	Capacity kg	Speed (m/sec)	Opening Type	Door Width (mm)	Car Insize (mm)	Hoistway Size (mm)		Machine Room Size (mm)	M/C Room Reaction (kg)	(Unit: mm)	
						X1 x Y	MX1 x Y			R1	R2
6	450			800	1400 x 850	1800 x 1500	2100 x 3150	3600	2000	5400	4500
				700	1100 x 1100	1550 x 1750	1900 x 3400	3600	2000	5400	4500
8(7)	550[525]			800	1400 x 1030	1800 x 1650	2100 x 3350	4050	2250	6000	4900
9(8)	600[630]			800	1300 x 1100	1800 x 1750	1800 x 3400	4050	2250	6000	4900
10(9)	700[675]	1.0		800	1400 x 1100	1800 x 1750	2100 x 3400	4100	2450	6300	5100
11(10)	750[800]			800	1400 x 1250	1800 x 1850	2100 x 3550	4200	2700	6800	5400
13(12)	900	1.5	1S-CO	800	1400 x 1350	1800 x 1950	2100 x 3650	4550	2800	7100	5600
15(13)	1000	1.75		900	1600 x 1350	2050 x 2000	2350 x 3700	5100	3750	8100	6300
17(15)	1150			900	1600 x 1500	2050 x 2150	2350 x 3850	5450	4300	8600	6600
20(18)	1350			1000	1800 x 1500	2350 x 2200	2650 x 3900	6600	5100	11000	8700
24(21)	1600			1000	1800 x 1700	2350 x 2400	2650 x 4100	7800	6000	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2550 x 2250	2850 x 3900				
				1100	2000 x 1750	2550 x 2500	2850 x 4150	8500	6800	13600	10400
				1100	2150 x 1600	2750 x 2350	3000 x 4000				
13(12)	900			900	1600 x 1350	2200 x 2100	2700 x 4100	12030	6630	9000	7500
15(13)	1000			900	1600 x 1500	2200 x 2250	2700 x 4250	12800	6950	9400	8000
17(15)	1150	2.0	1S-CO	1000	1800 x 1500	2400 x 2250	2900 x 4250	13080	7100	11000	8700
20(18)	1350	2.5		900	1200 x 2200	2300 x 2600	2800 x 4100				
24(21)	1600			1000	1800 x 1700	2400 x 2450	2900 x 4450	14350	7650	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2600 x 2250	3100 x 4250				
				1100	2000 x 1750	2600 x 2450	3100 x 4500	15100	8100	13600	10400
				1100	2150 x 1600	2750 x 2350	3250 x 4350				

Side Open

Persons	Capacity kg	Speed (m/sec)	Opening Type	Door Width (mm)	C.WT Drop	Car Insize (mm)	Hoistway Size (mm)		Machine Room Size (mm)	M/C Room Reaction (kg)	(Unit: mm)	
							CA x CB	X1 x Y			R1	R2
6	450			800	Rear	1100 x 1100	1550 x 1800	1800 x 3600	3600	2000	5400	4500
8(7)	550[525]			800	Rear	1100 x 1300	1550 x 2000	1800 x 3800	4050	2250	6000	4900
9(8)	600[630]			800	Side	1100 x 1400	1850 x 1850	1800 x 3800	4100	2450	6300	5100
10(9)	700[675]	1.0		800	Side	1200 x 1400	1950 x 1850	2100 x 3800	4200	2700	6800	5400
12(10)	800			800	Side	1300 x 1400	2050 x 1850	2200 x 3800	4550	2800	7100	5600
13(12)	900	1.5	2S-SO	900	Side	1300 x 1600	2050 x 2050	2200 x 4200	5100	3750	8100	6300
15(13)	1000	1.75		1100	Rear	2100 x 1100	2550 x 1850	2850 x 3900	5450	4300	8600	6600
17(15)	1150			1000	Side	1200 x 2100	2150 x 2600	2400 x 4400	6600	5100	11000	8700
20(18)	1350			1100	Side	1300 x 2300	2250 x 2750	2550 x 4500	7800	6000	12200	9500
24(21)	1600			1200	Side	1400 x 2400	2350 x 2850	2650 x 4600	8500	6800	13600	10400
				900	Side	1300 x 1600	2250 x 2100	2550 x 4150	12030	6630	9000	7500
13(12)	900			900	Side	1100 x 2100	2000 x 2550	2300 x 4600	12800	6950	9400	8000
15(13)	1000	2.0	2S-SO	1100	Rear	2100 x 1100	2700 x 1900	3000 x 3950				
17(15)	1150	2.5		1000	Side	1200 x 2100	2200 x 2600	2500 x 4650	13080	7100	11000	8700
20(18)	1350			1100	Side	1300 x 2300	2300 x 2750	2600 x 4800	14350	7650	12200	9500
24(21)	1600			1200	Side	1400 x 2400	2400 x 2850	2700 x 4900	15100	8100	13600	10400

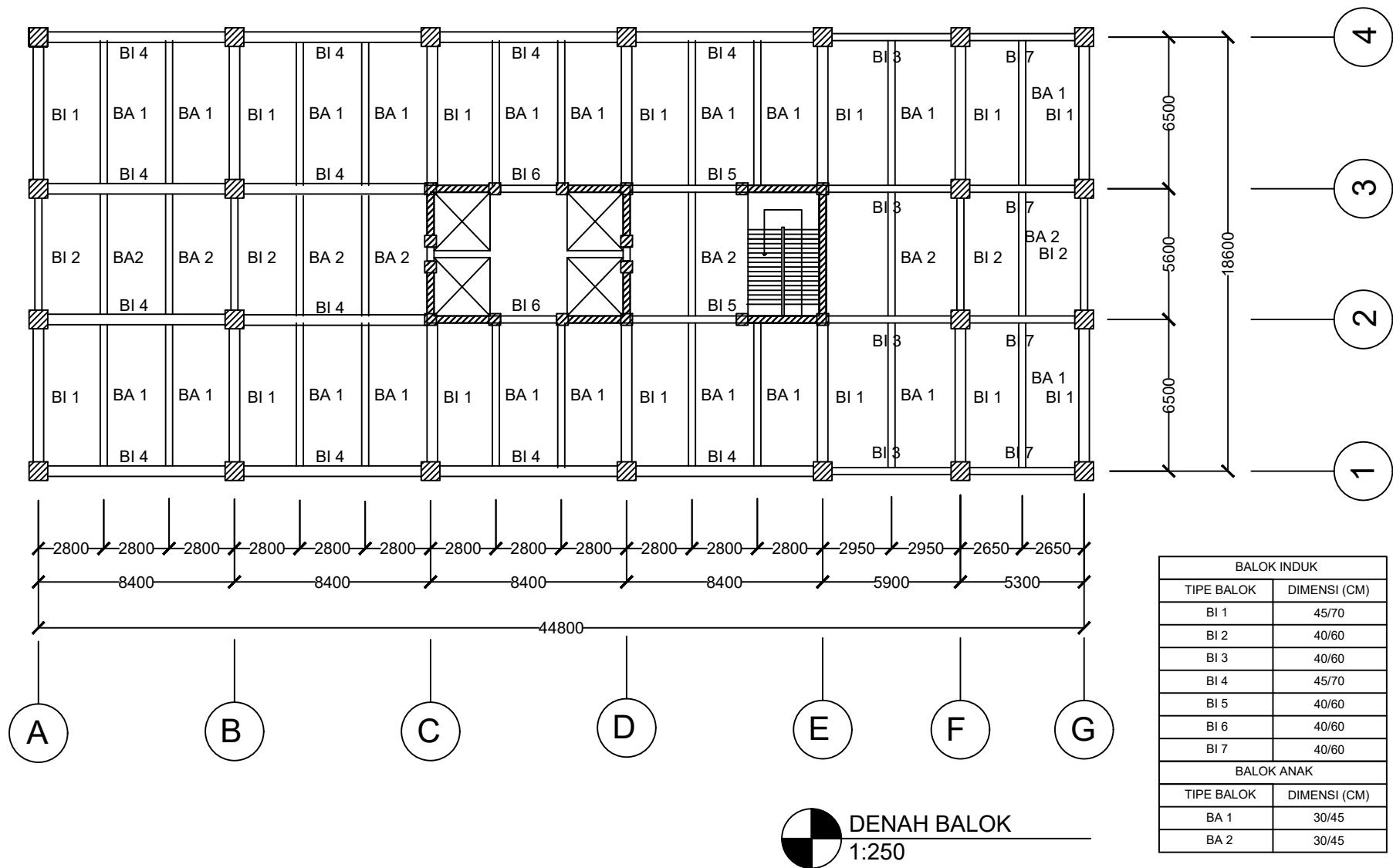
Overhead & Pit Depth

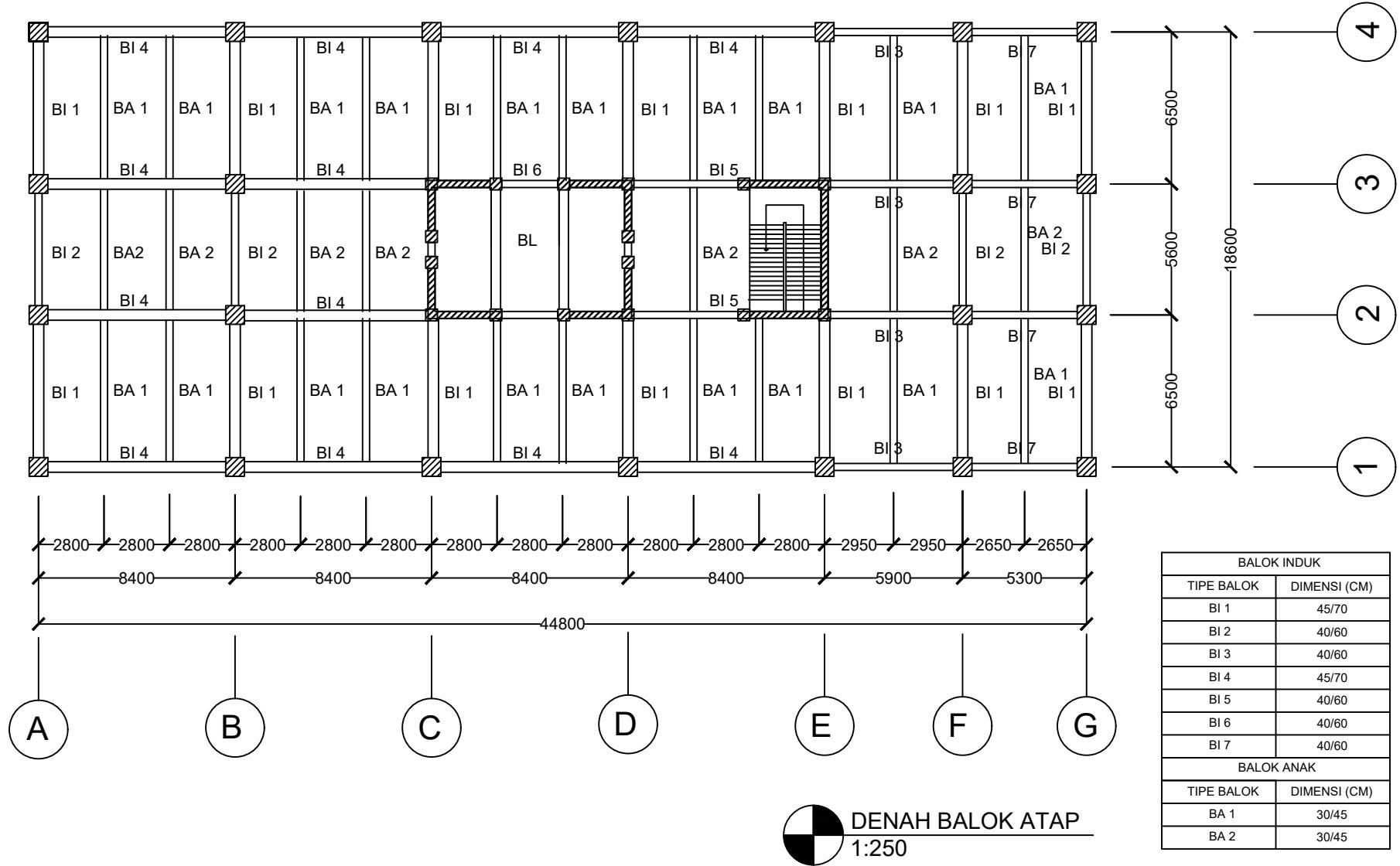
Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH) ^{No.2}		Pit Depth (PP)	M/C Room Height (MH)	(Unit: mm)	
		EN81-1	EN81-20				
450	1.0	CH+1850	CH+2300	1250	2200		
	1.5	CH+2000	CH+2400	1350	2400		
	1.75	CH+2050	CH+2450	1400	2400		

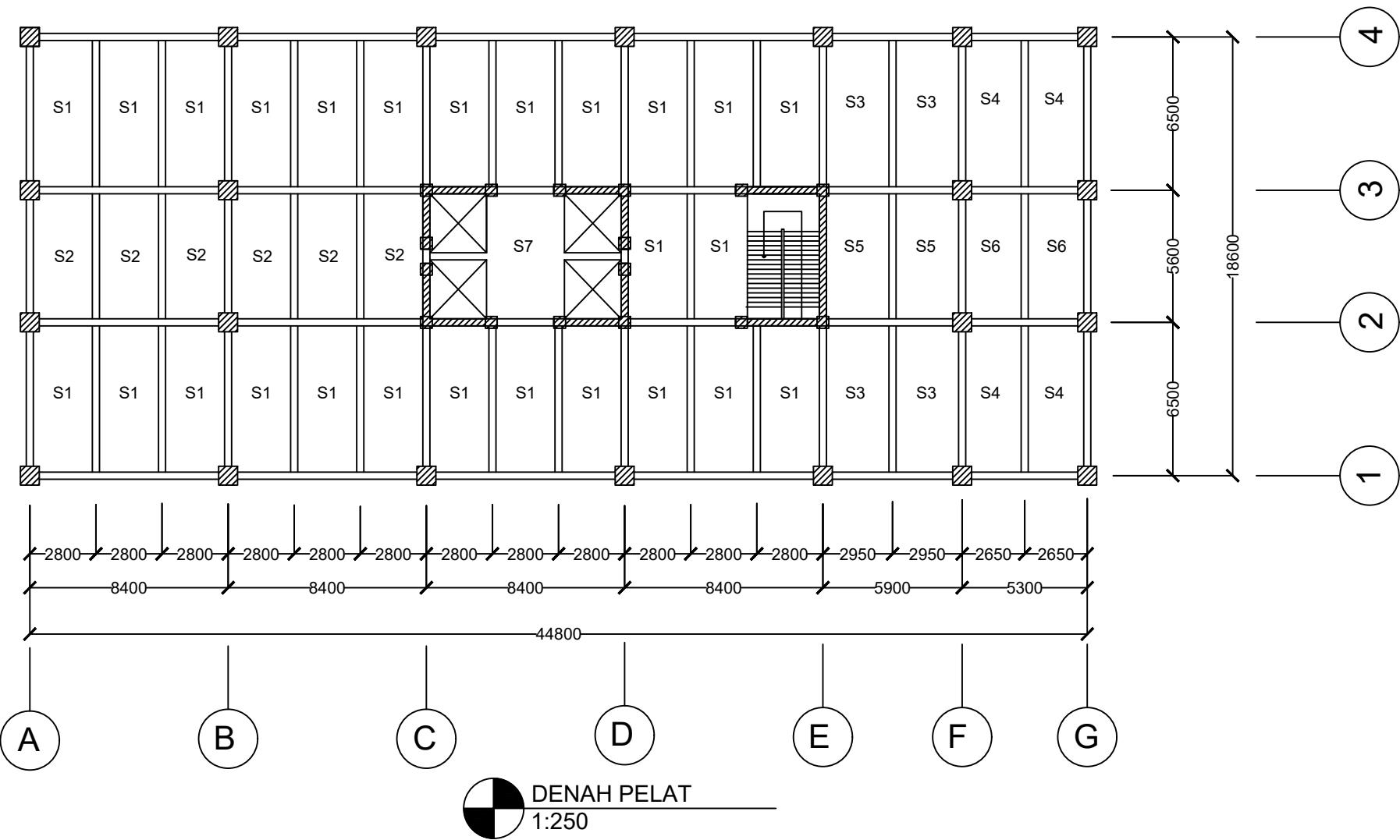


DENAH GEDUNG
1:250

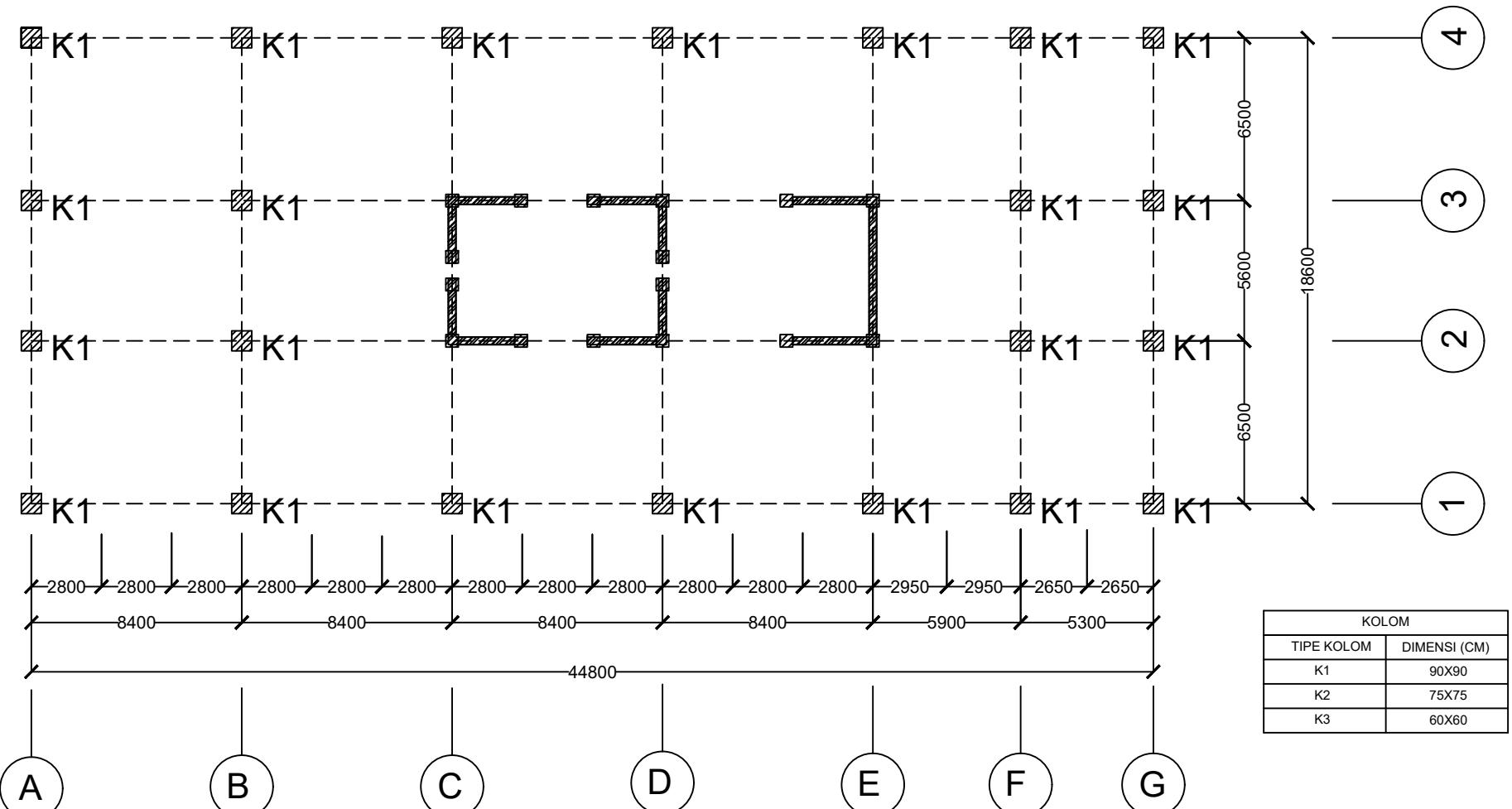
	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 01	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043







	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
		MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	04	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



DENAH KOLOM LT. DASAR - LT.5
1:250



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

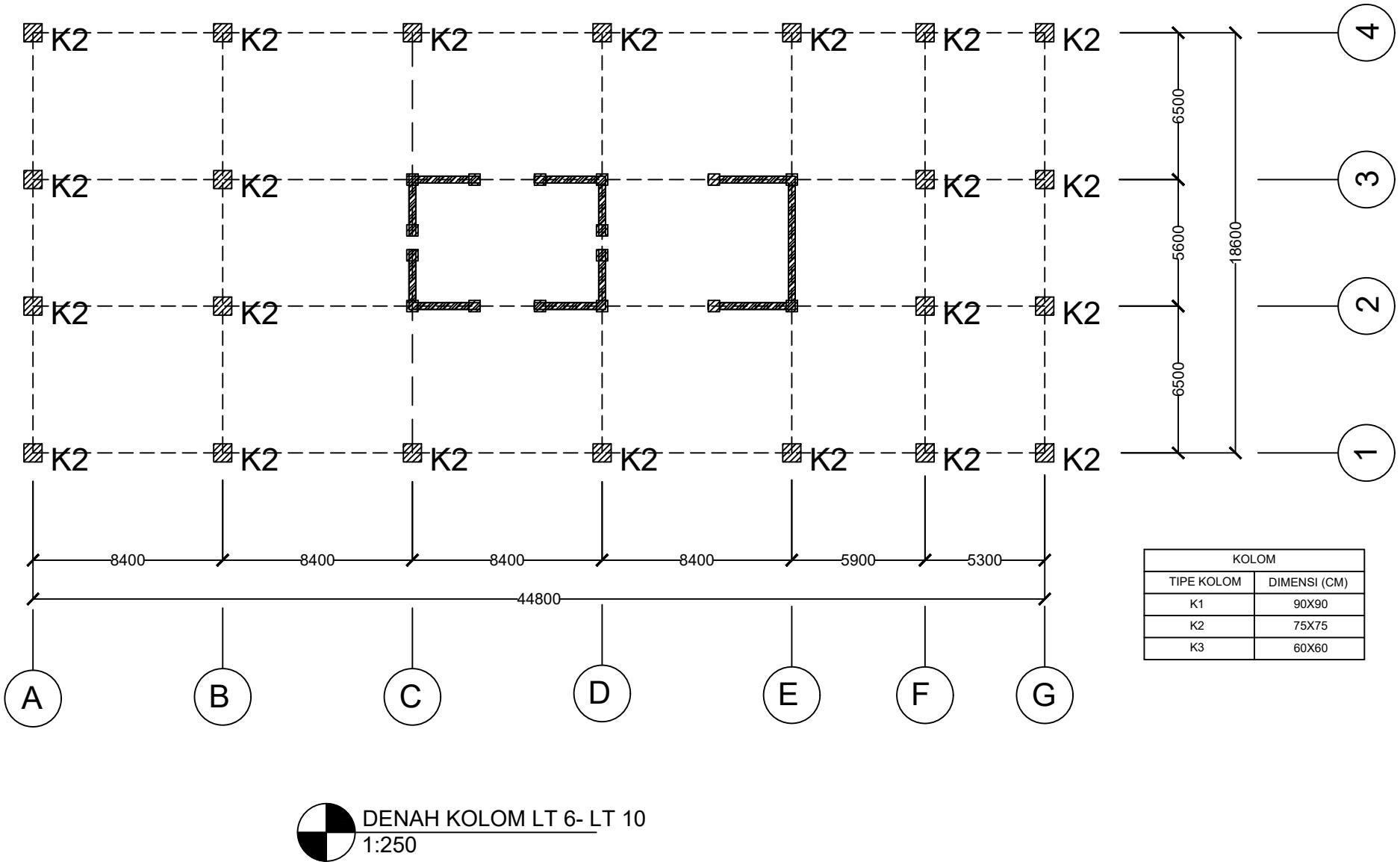
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR
56

NO LEMBAR
05

DOSEN ASISTENSI
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043



**FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APAR

LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKA

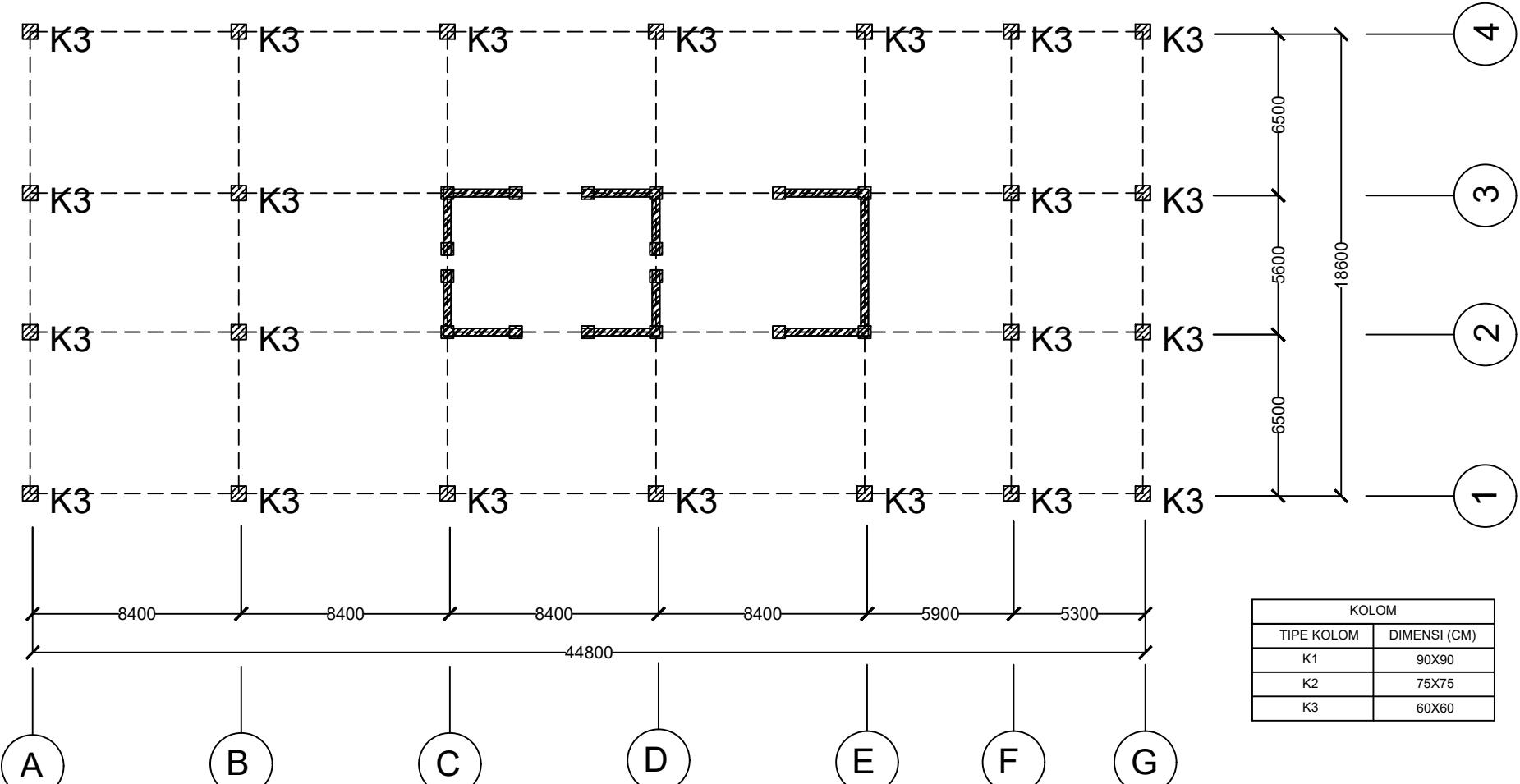
BETON PRACETAK DENGAN SHEARW

JUMLAH LEMBA
56

06

DOSEN ASISTENSI
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043



DENAH KOLOM LT 11-15
1:250



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

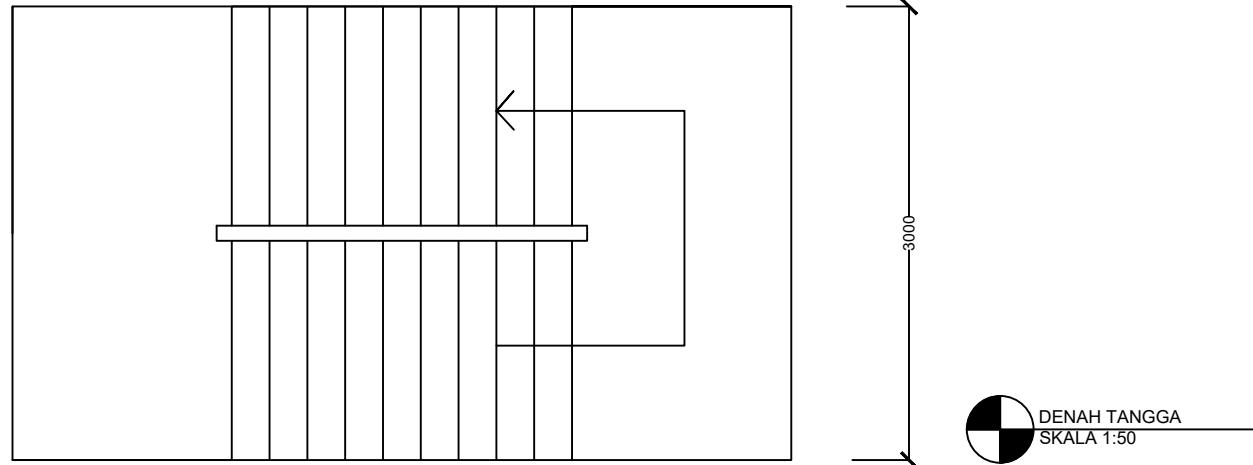
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR
56

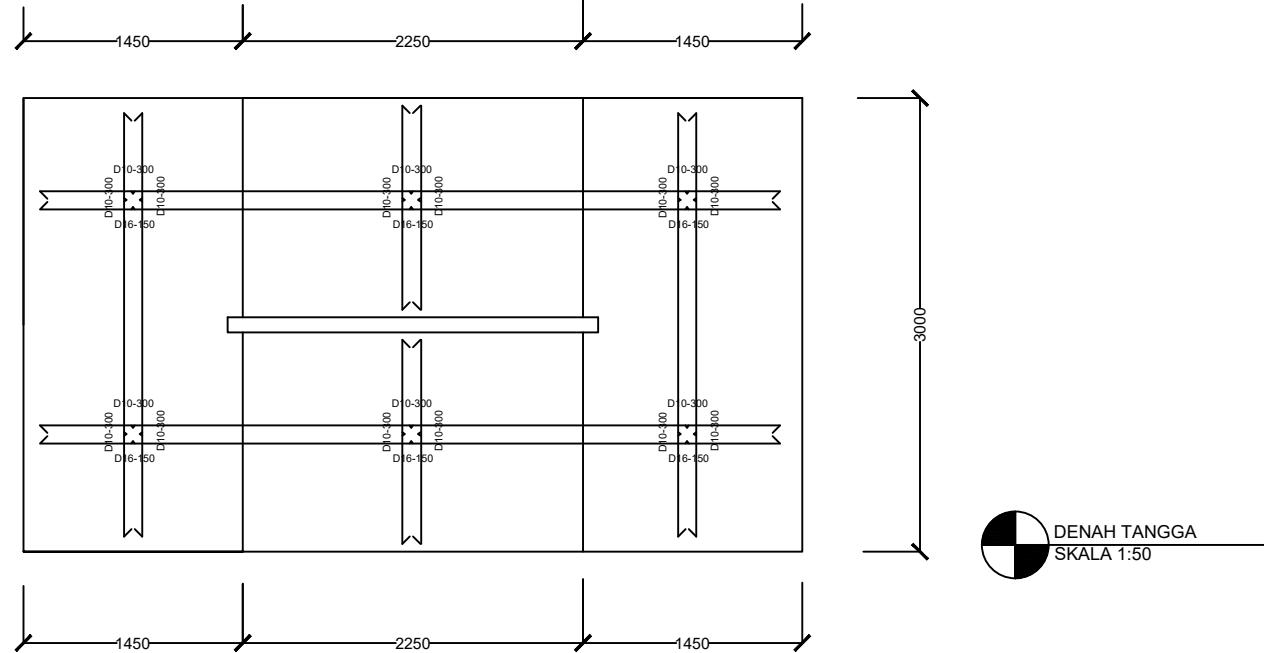
NO LEMBAR
07

DOSEN ASISTENSI
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043

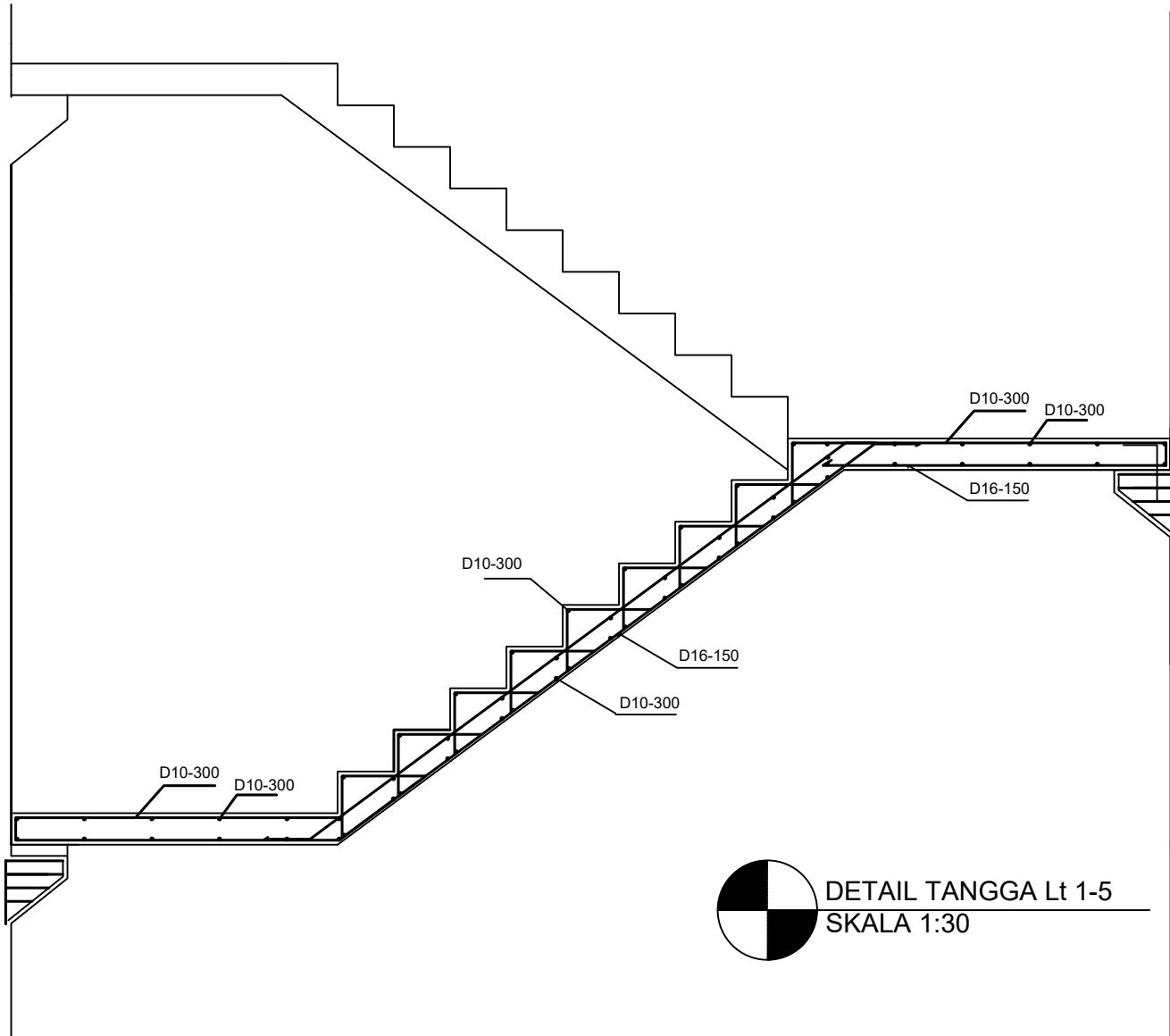


DENAH TANGGA
SKALA 1:50

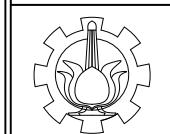


DENAH TANGGA
SKALA 1:50

	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	08	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



DETAIL TANGGA Lt 1-5
SKALA 1:30



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

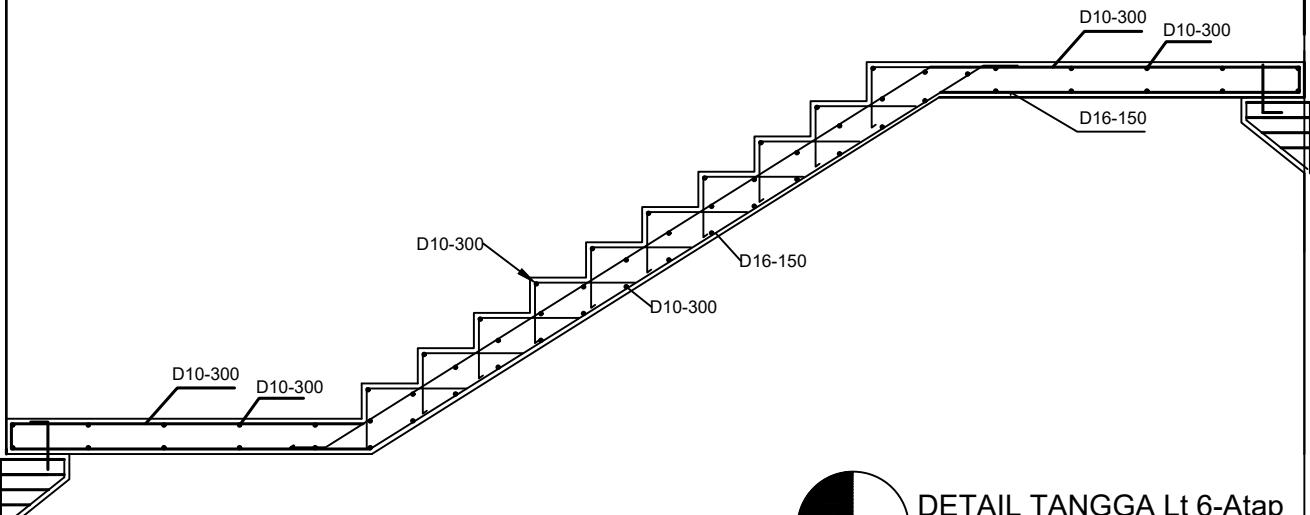
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR
56

NO LEMBAR
09

DOSEN ASISTENSI
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043



DETAIL TANGGA Lt 6-Atap
SKALA 1:30



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

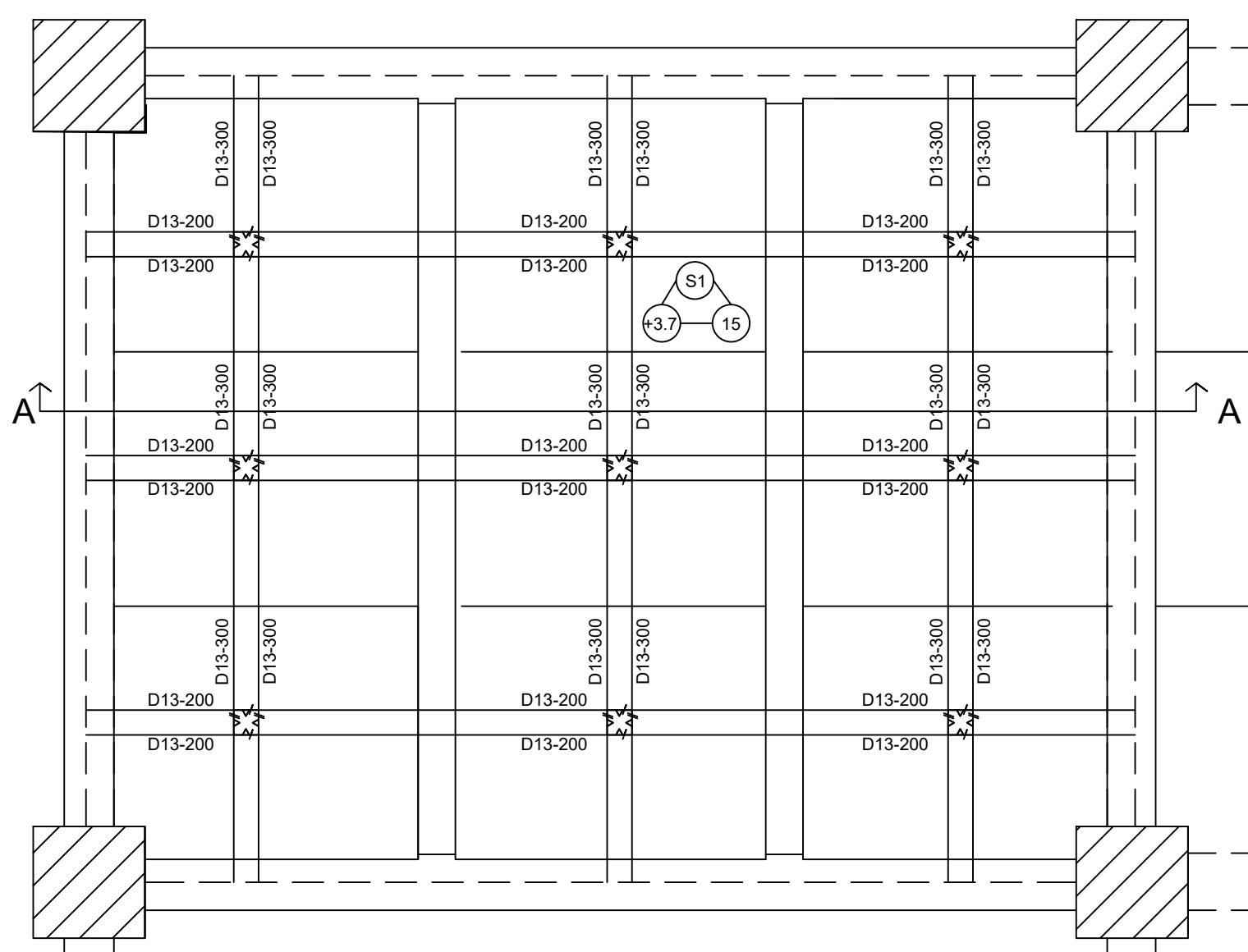
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR
56

NO LEMBAR
10

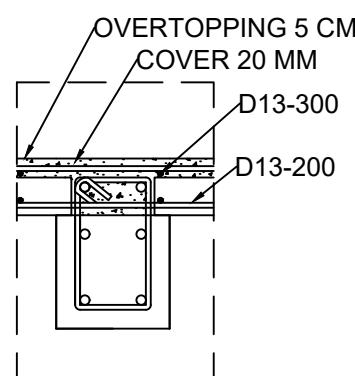
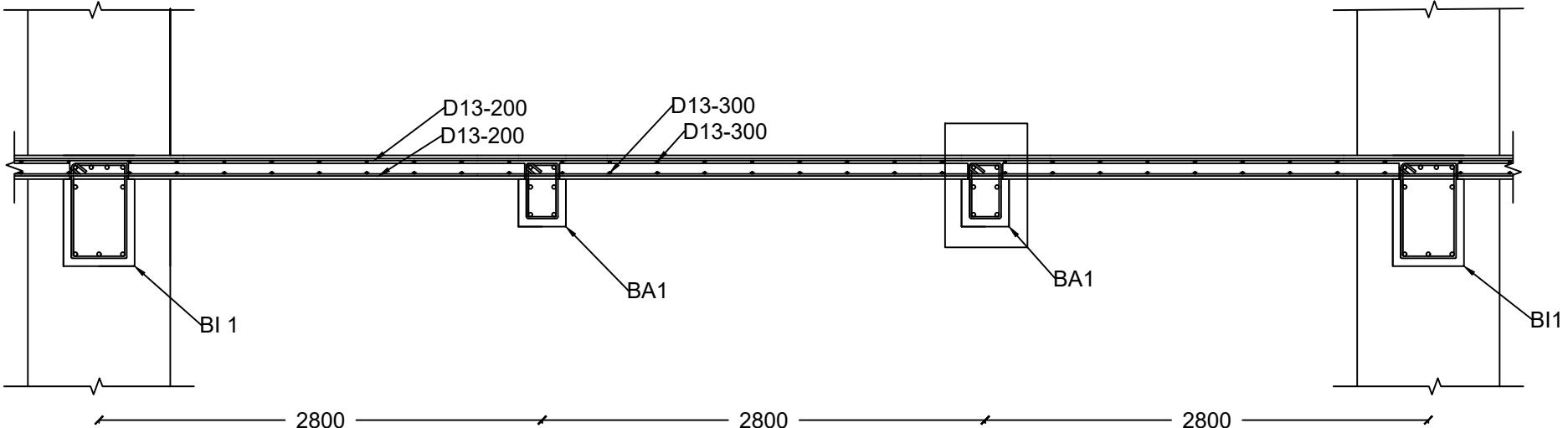
DOSEN ASISTENSI
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043

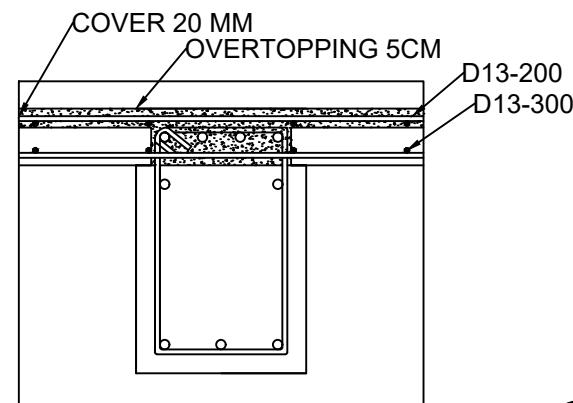


 DETAIL PLAT TIPE S1
SKALA 1:75

	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACTEK DENGAN SHEARWALL	56	11	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



DETAIL A
SKALA 1:20



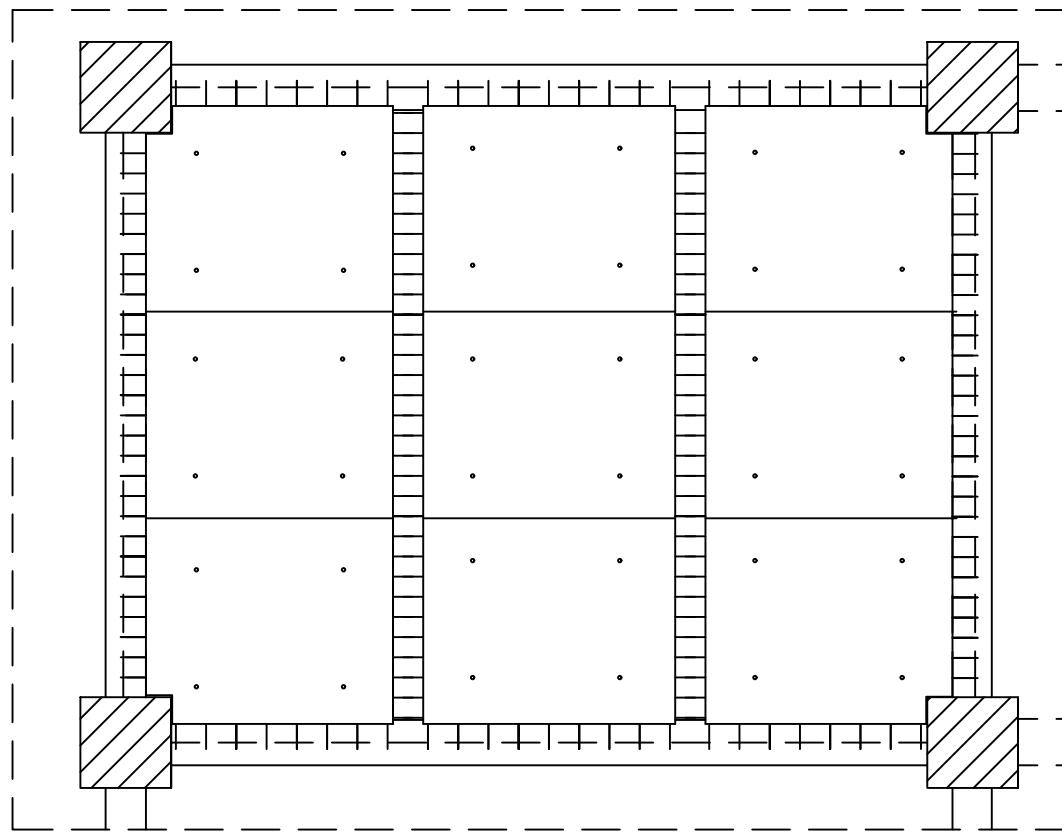
DETAIL B
SKALA 1:20

POTONGAN A-A
SKALA 1:40



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	12	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



DETAIL PLAT TIPE S1
SKALA 1:75



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR

56

NO LEMBAR

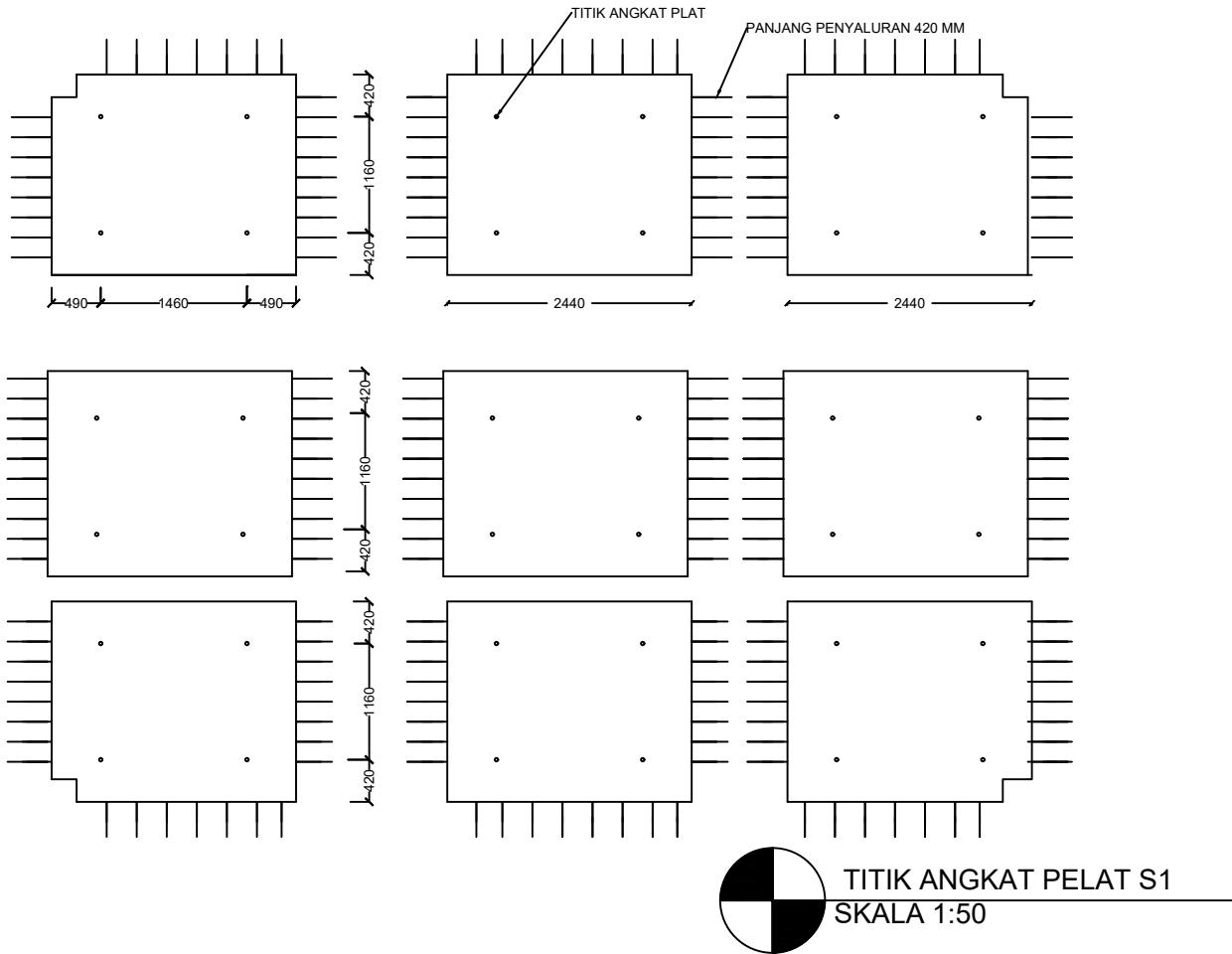
13

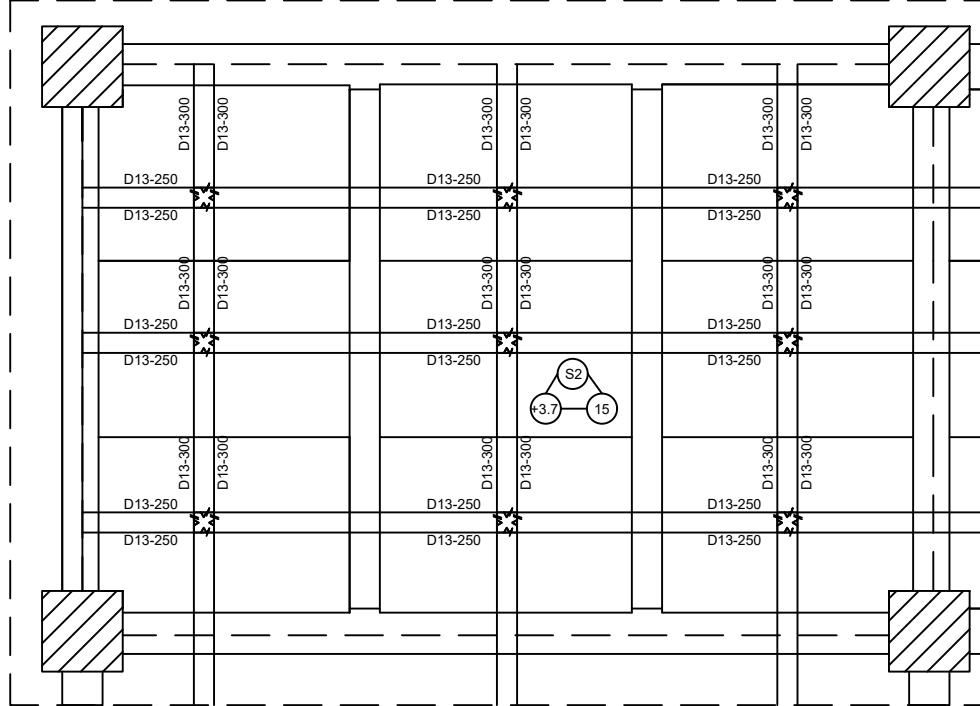
DOSEN ASISTENSI

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA

KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043





DETAIL PLAT TIPE S2
SKALA 1:75



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

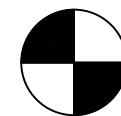
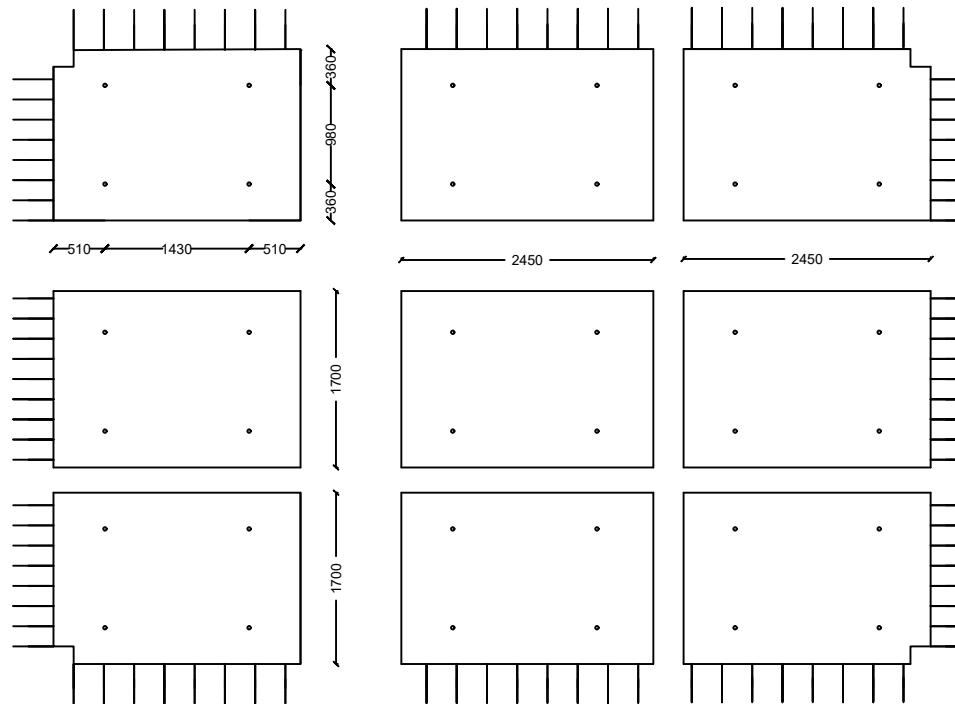
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR
56

NO LEMBAR
15

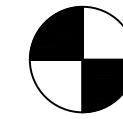
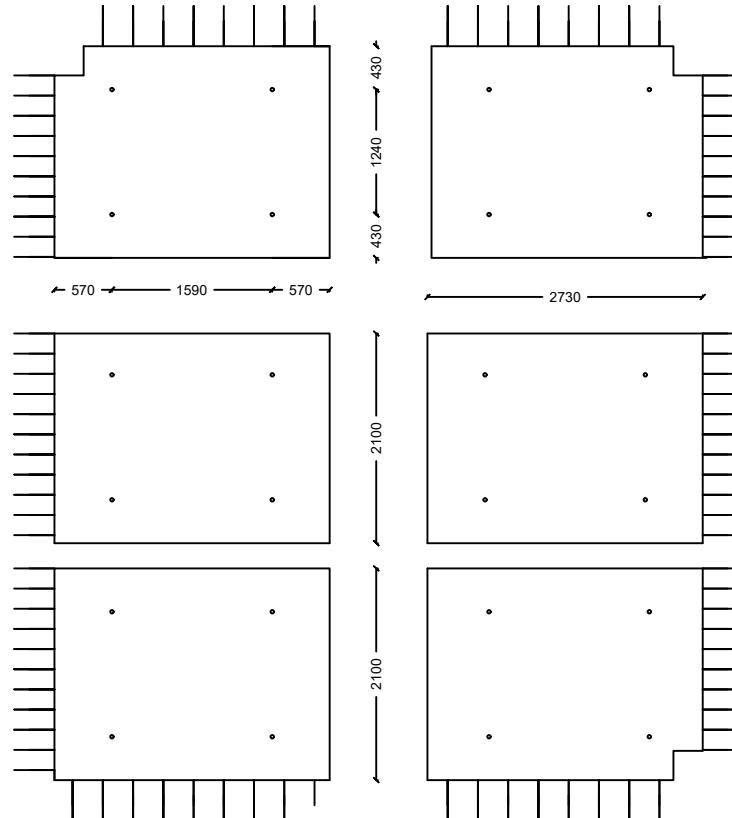
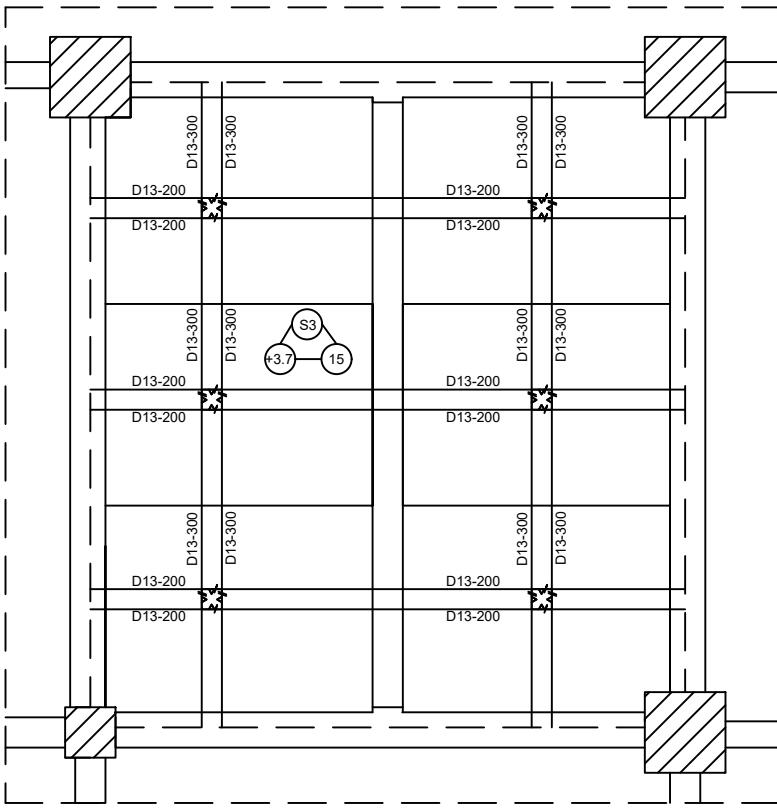
DOSEN ASISTENSI
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043



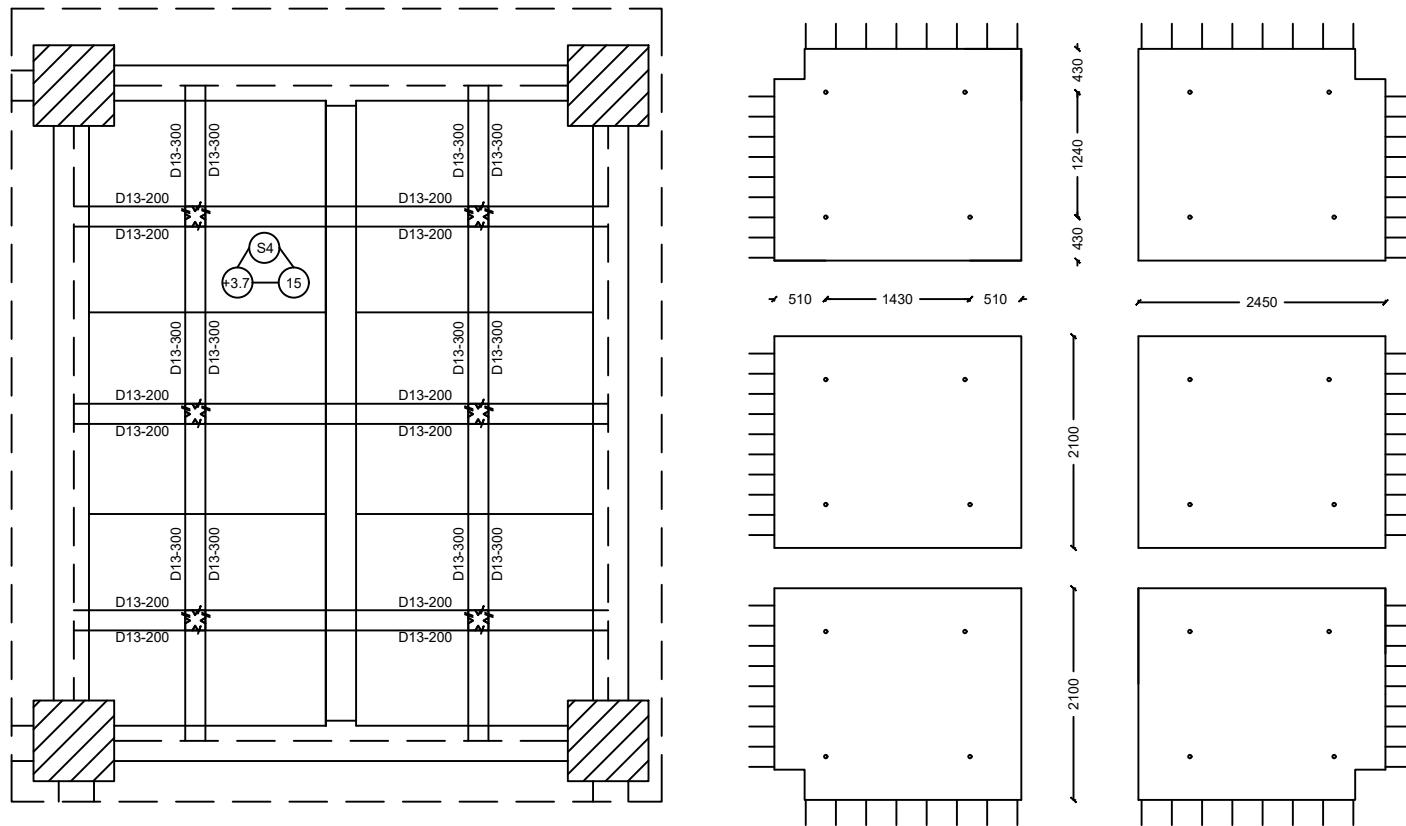
TITIK ANGKAT PLAT TIPE S2
SKALA 1:75

	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	16	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



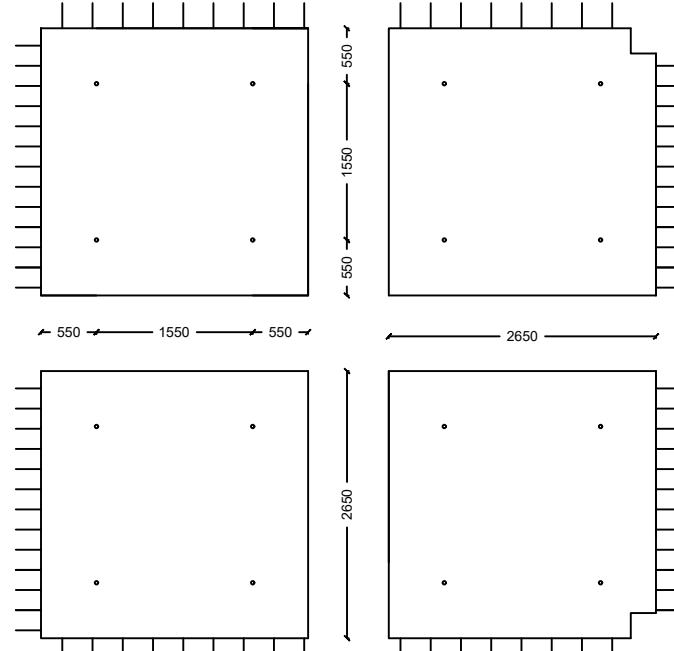
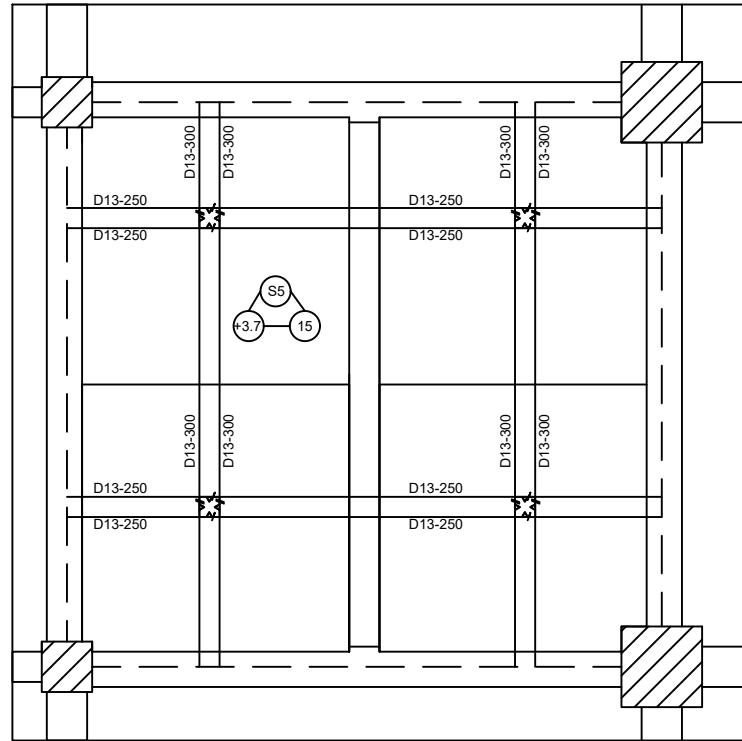
DETAIL PLAT TIPE S3
SKALA 1:75



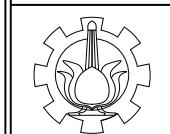


DETAIL PLAT TIPE S4
SKALA 1:75

	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 18	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 031164000043
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA					

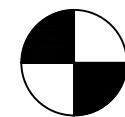
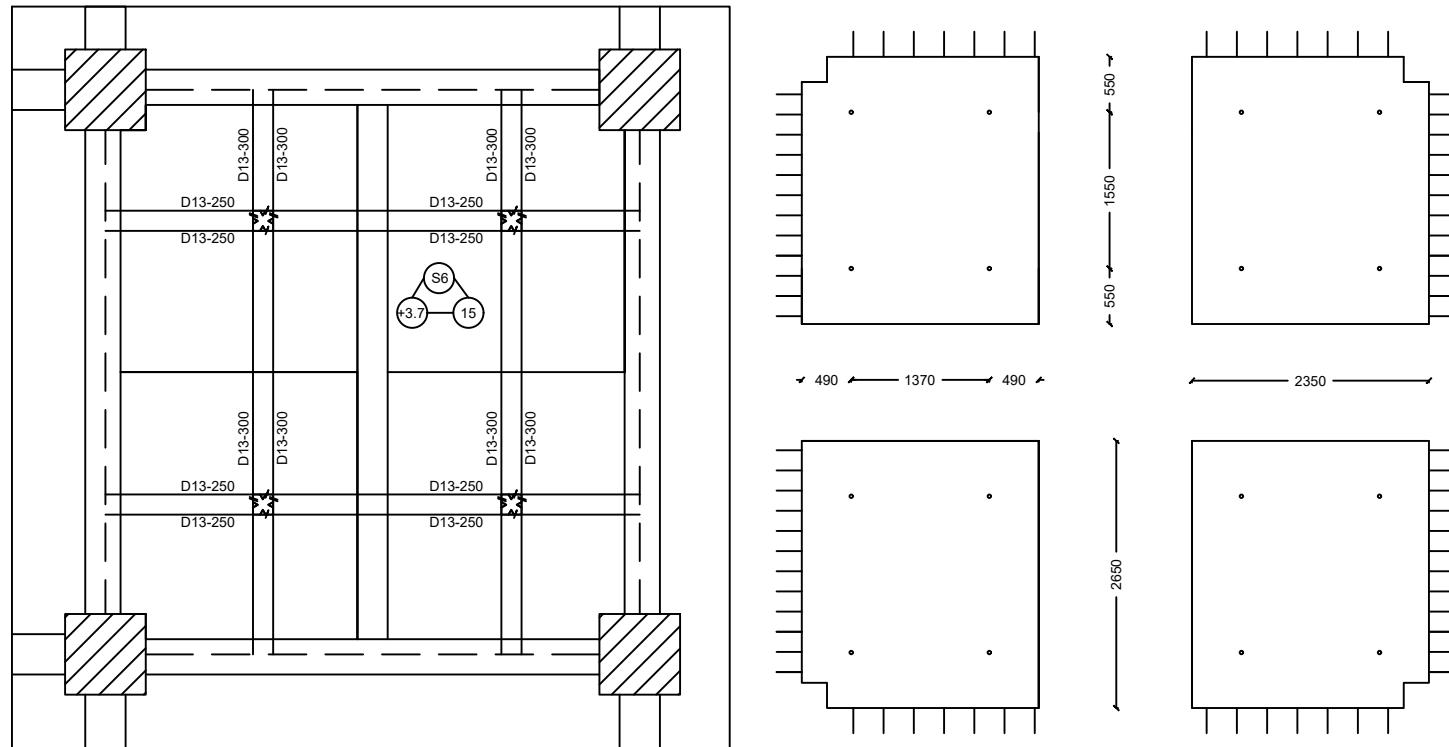


DETAIL PLAT TIPE S5
SKALA 1:75



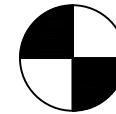
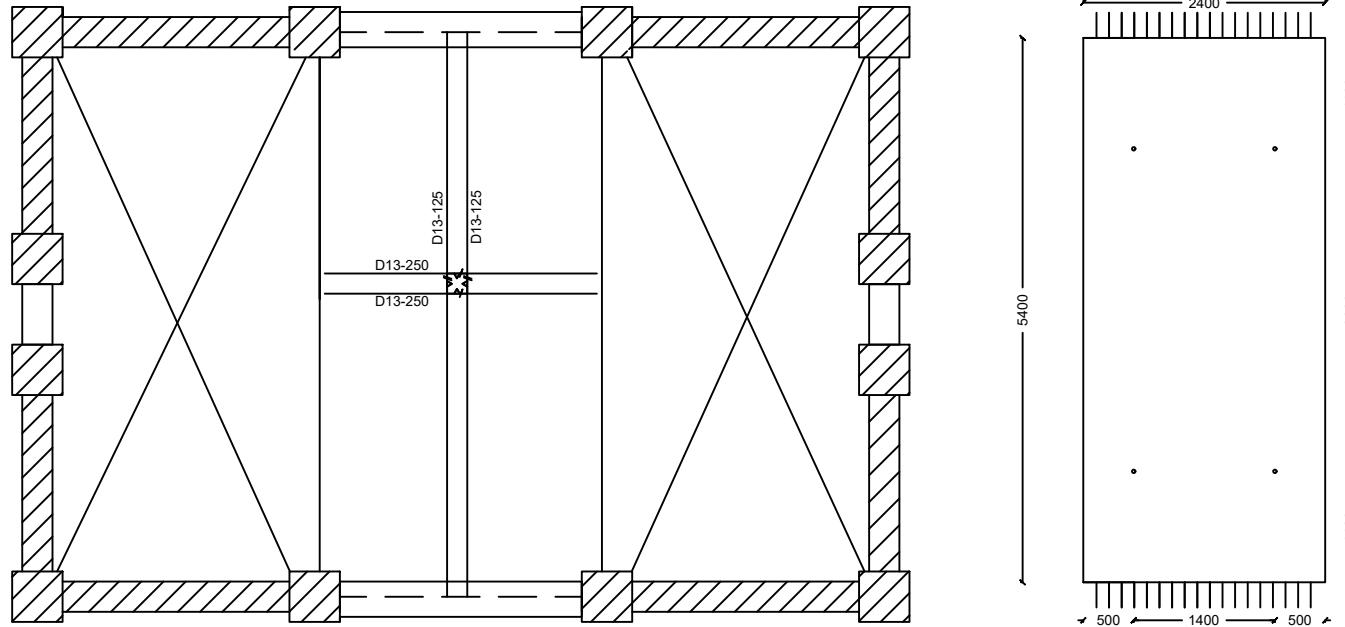
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACTAK DENGAN SHEARWALL	56	19	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 031164000043



DETAIL PLAT TIPE S6
SKALA 1:75

	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACTEK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		56	20	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 031164000043



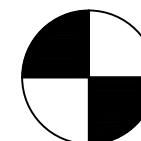
DETAIL PLAT TIPE S7
SKALA 1:75



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

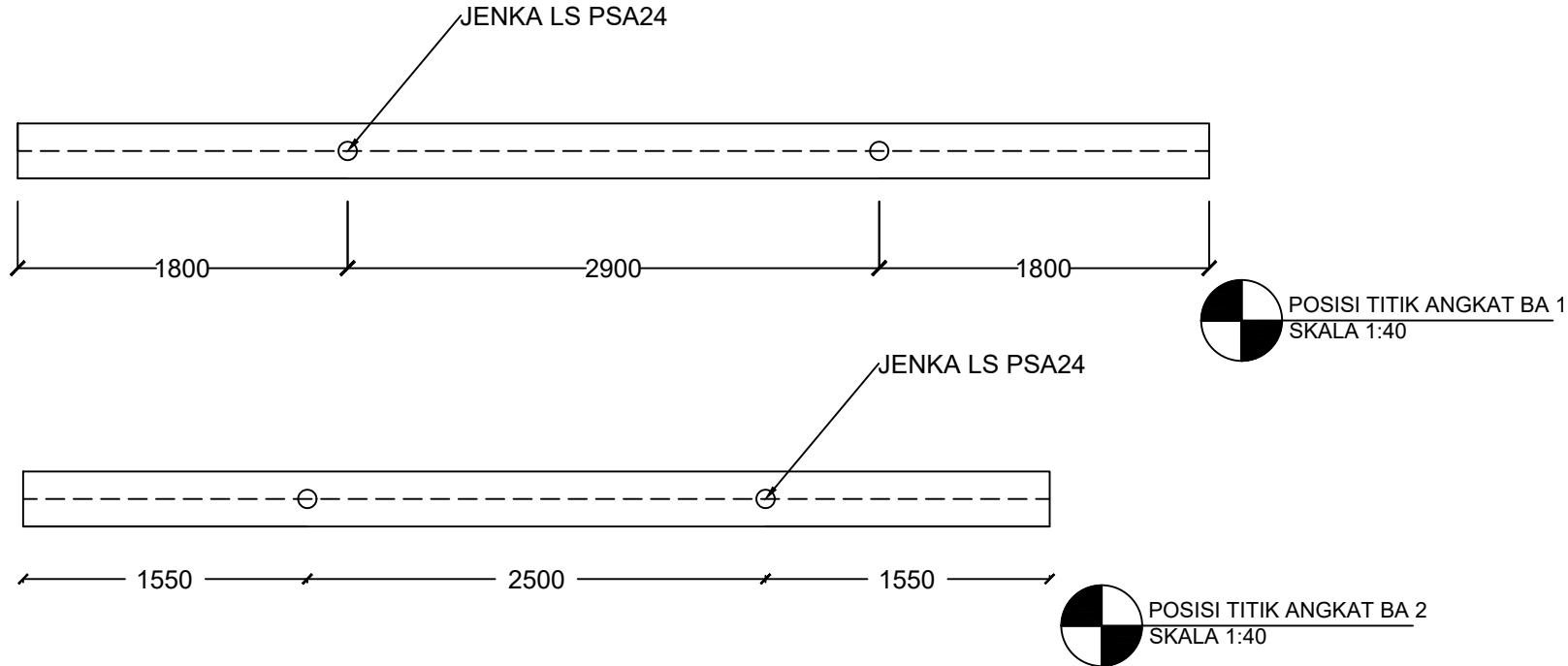
JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	21	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 031164000043

TABEL PENULANGAN BALOK ANAK				
TIPE	BA 1		BA 2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 X 450	300 X 450	300 X 450	300 X 450
TULANGAN ATAS	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN TENGAH	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2D25	3 D25	2 D25	3 D25
SENGKANG	D13 -100	D13 - 100	D13 -100	D13 - 100



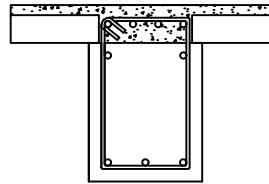
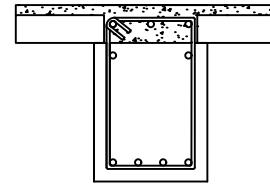
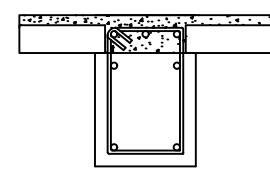
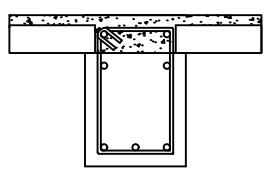
DETAIL TULANGAN BALOK ANAK
SKALA 1:25

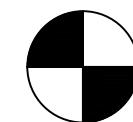
	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
		MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	22	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 23	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 031164000043
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA					

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK

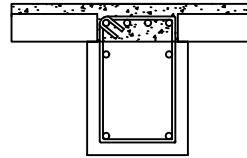
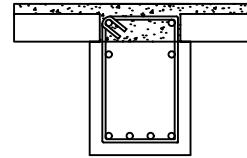
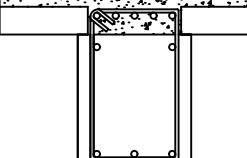
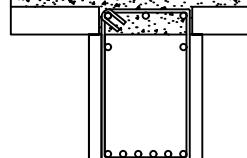
TIPE	BI 1		BI 2		
	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
					
DIMENSI		450 X 700	450 X 700	400 x 600	400 x 600
BENTANG		6.5 meter	6.5 meter	5.6 meter	5.6 meter
TULANGAN ATAS		4 D25	3 D25	3 D25	2 D25
TULANGAN TENGAH		2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH		3 D25	4 D25	2 D25	3 D25
SENGKANG		2D13 - 150	2D13 - 200	2D13 - 125	2D13 - 150

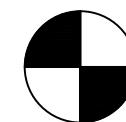


DETAIL TULANGAN BALOK INDUK
SKALA 1:30

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
		MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	24	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK

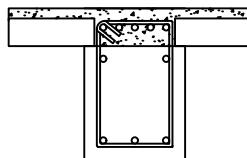
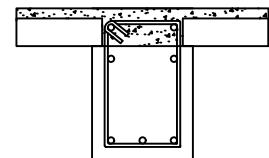
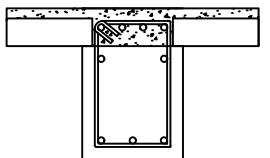
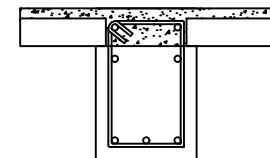
TIPE	BI 3		BI 4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	400 x 600	400 x 600	450 X 700	450 X 700
BENTANG	5.9 meter	5.9 meter	8.4 meter	8.4 meter
TULANGAN ATAS	4 D25	2 D25	5 D25	3 D25
TULANGAN TENGAH	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	4 D25	3 D25	6 D25
SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 150	D13 - 75	D13 - 200



DETAIL TULANGAN BALOK INDUK
SKALA 1:30

 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
	MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	25	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK

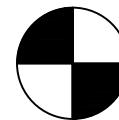
TIPE	BI 5		BI 6	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	400 x 600	400 x 600	400 x 600	400 x 600
BENTANG	5.3 meter	5.3 meter	2.6 meter	2.6 meter
TULANGAN ATAS	5 D25	2 D25	4 D25	2 D25
TULANGAN TENGAH	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
SENGKANG	2D13 - 75	2D13 - 150	2D13 - 100	2D13 - 150



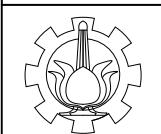
DETAIL TULANGAN BALOK INDUK
SKALA 1:30

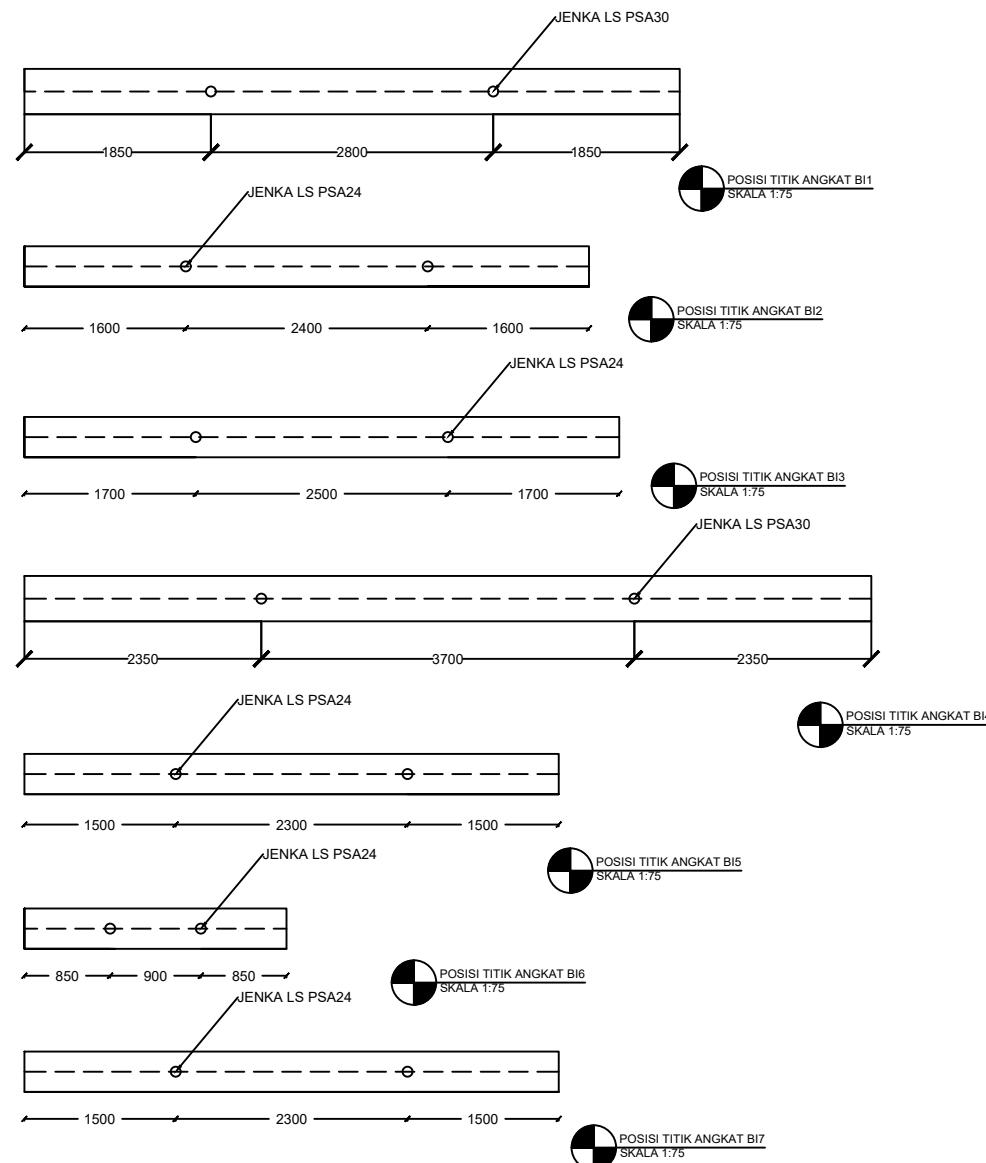
	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
		MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	26	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK		
TIPE	BI 7	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 x 600	400 x 600
BENTANG	5.3 meter	5.3 meter
TULANGAN ATAS	3 D25	2 D25
TULANGAN TENGAH	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	3 D25
SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 200

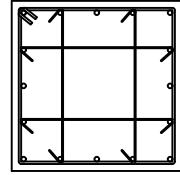
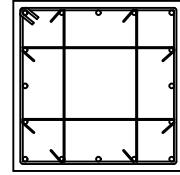
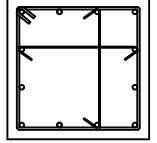
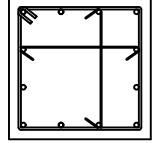
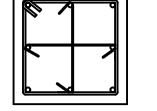
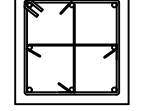


DETAIL TULANGAN BALOK INDUK
SKALA 1:30





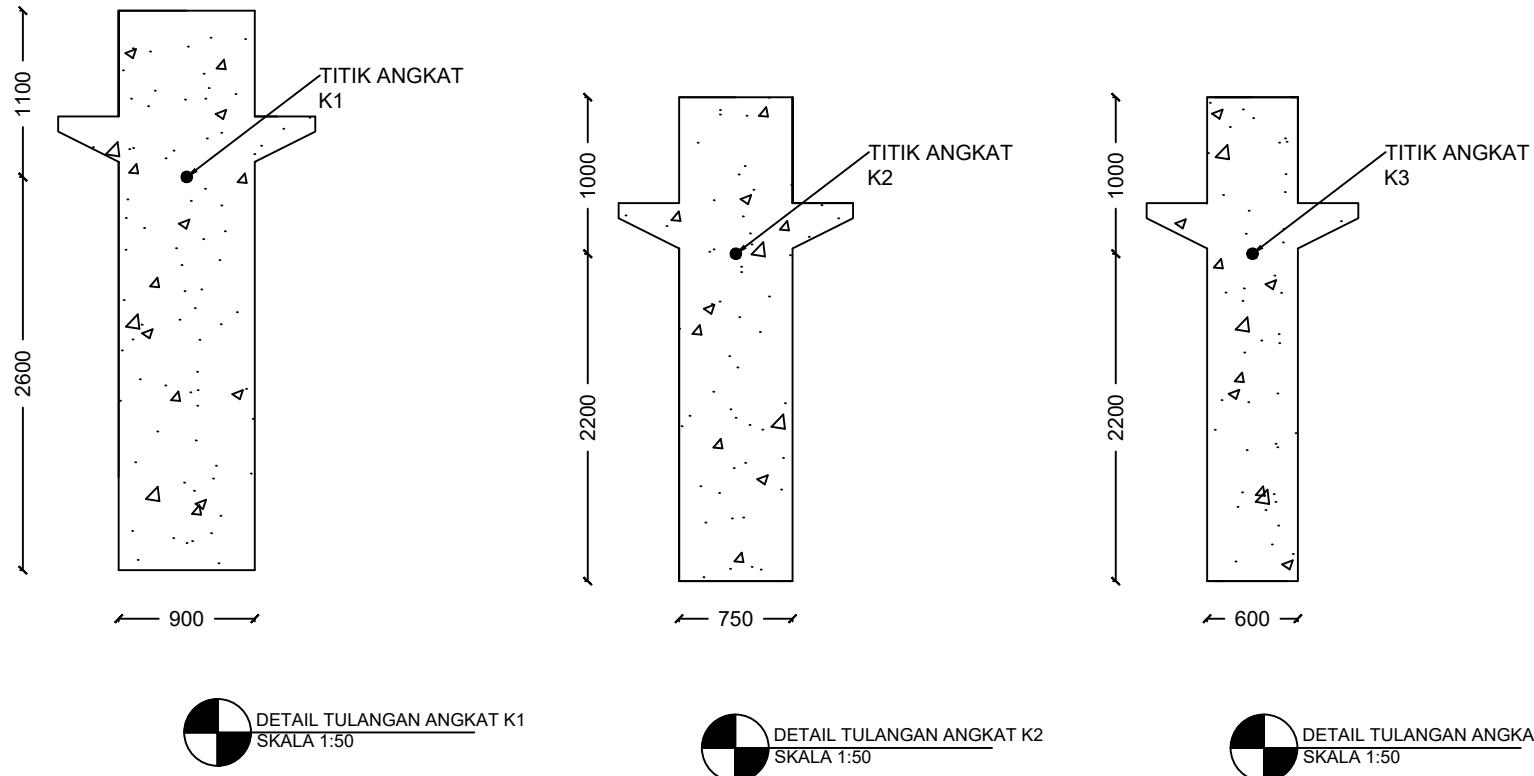
	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACTEK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 28	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA					

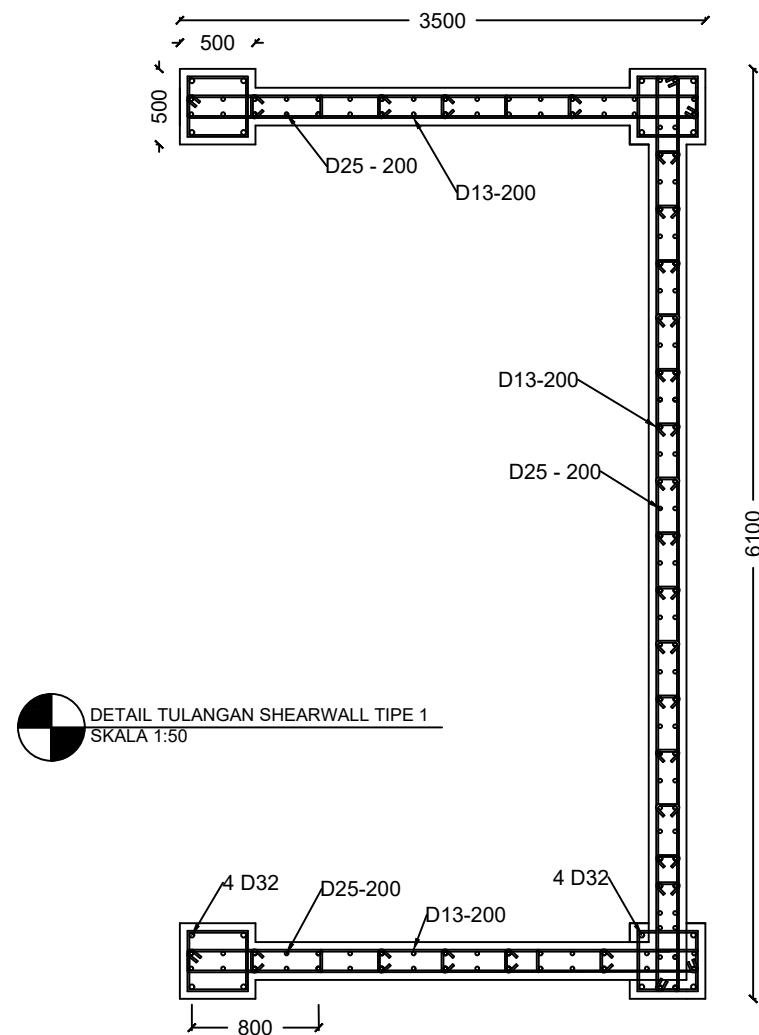
	TABEL PENULANGANKOLOM		TABEL PENULANGANKOLOM		TABEL PENULANGANKOLOM	
TIPE	K1		K2		K3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
						
DIMENSI	900 X 900	450 X 700	750 x 750	750 x 750	900 X 900	450 X 700
BENTANG	3.7 meter	3.7 meter	3.2 meter	3.2meter	3.2 meter	3.2 meter
TULANGAN	16 D25	16 D25	12 D25	12 D25	8 D25	8 D25
SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150	3D13 - 100	3D13 - 150	3D13 - 100	3D13 - 150

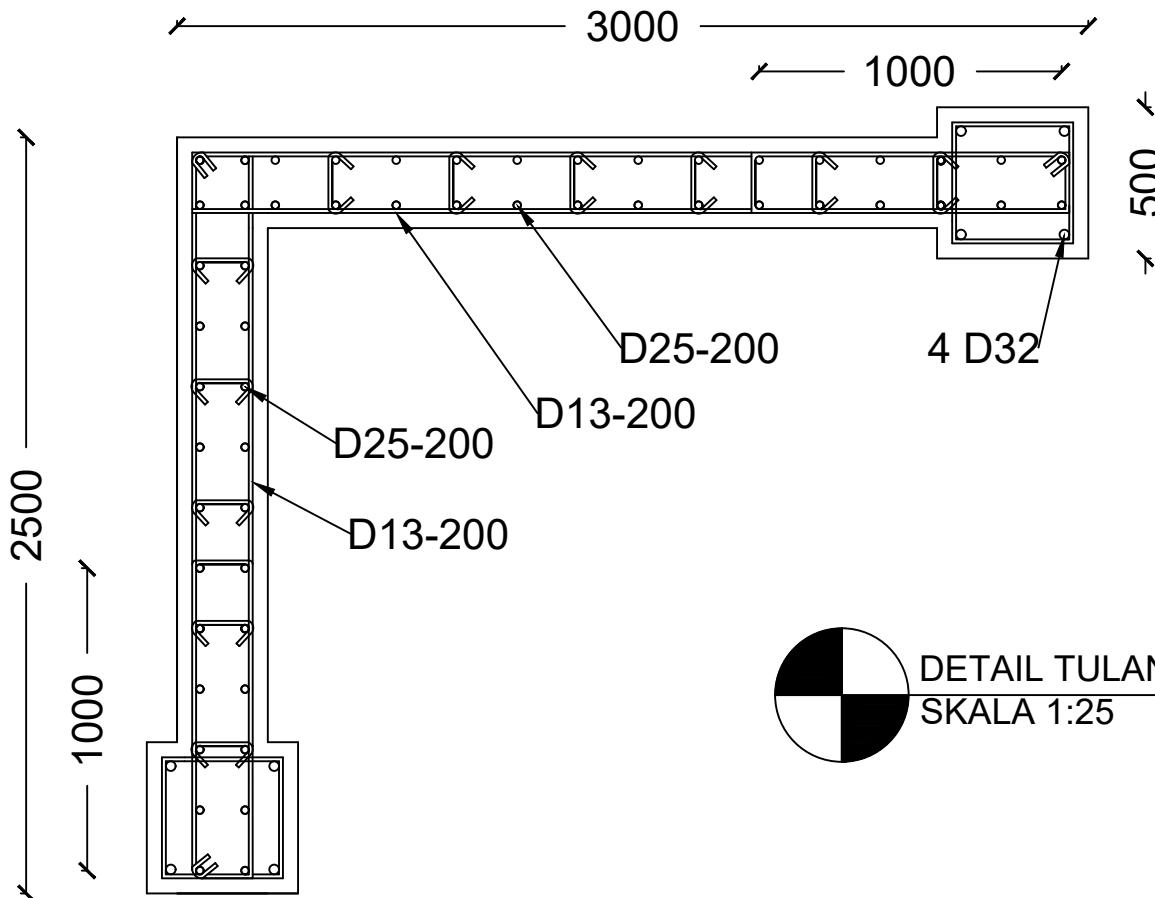


DETAIL TULANGAN KOLOM
SKALA 1:40

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
		MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	29	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043







FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR

56

NO LEMBAR

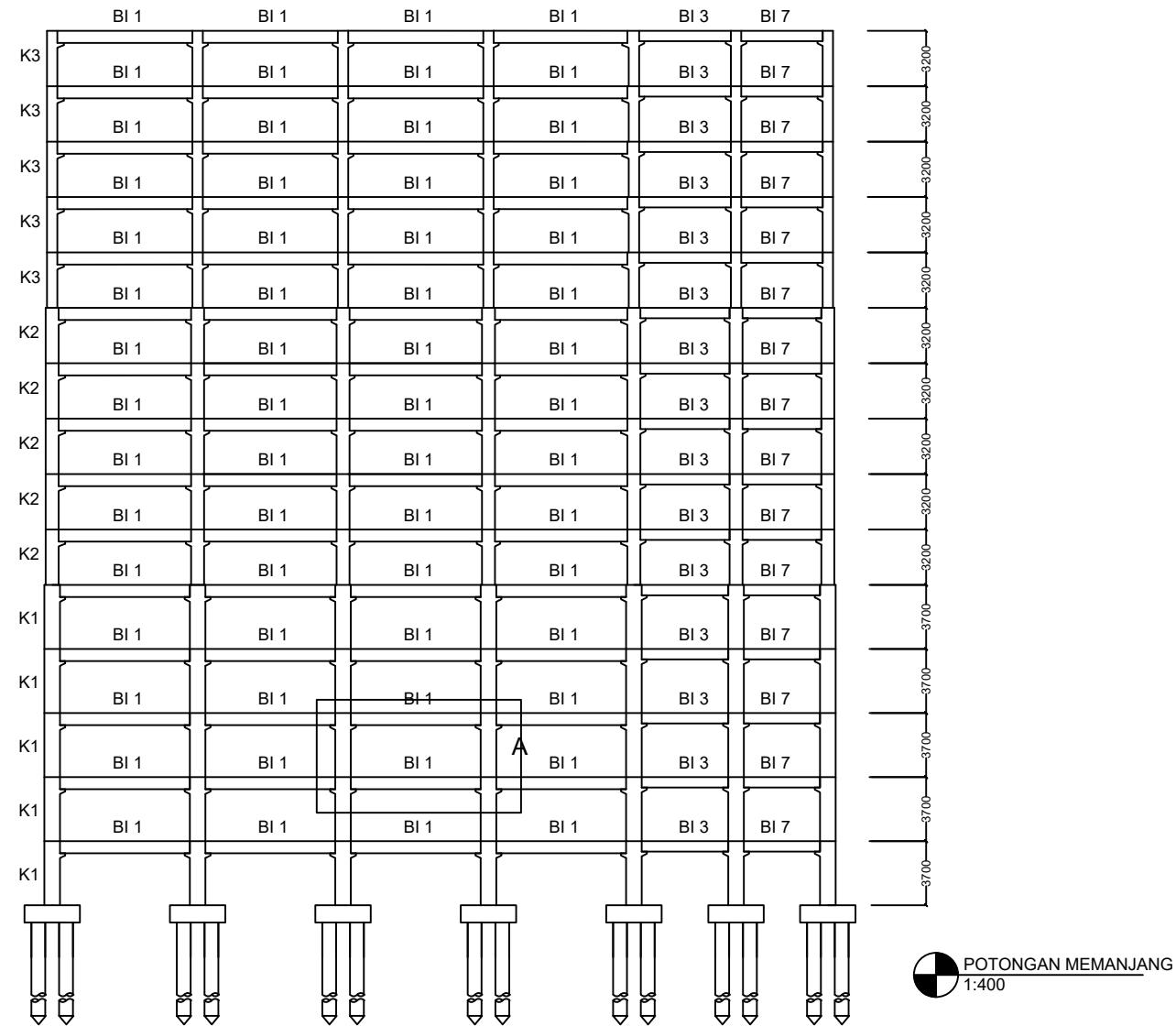
32

DOSEN ASISTENSI

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA

KURNIAWAN SUGIANTO
031164000043



**FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

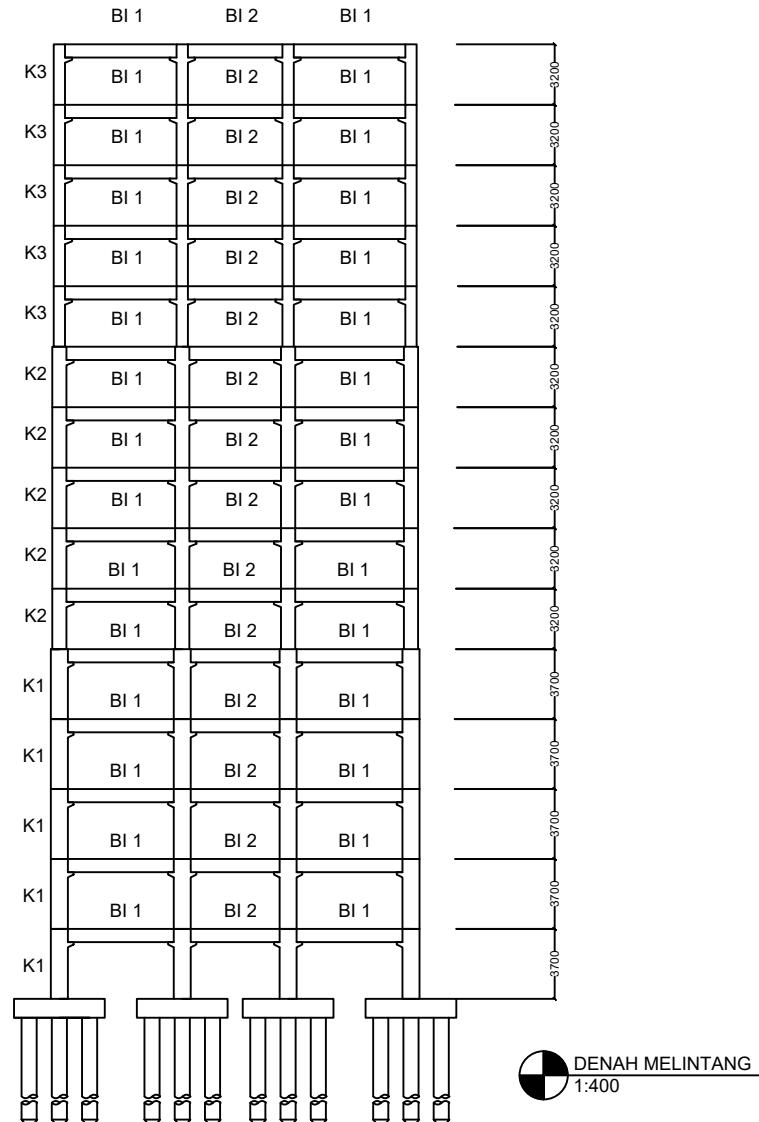
JUDUL TUGAS AKHIR

56

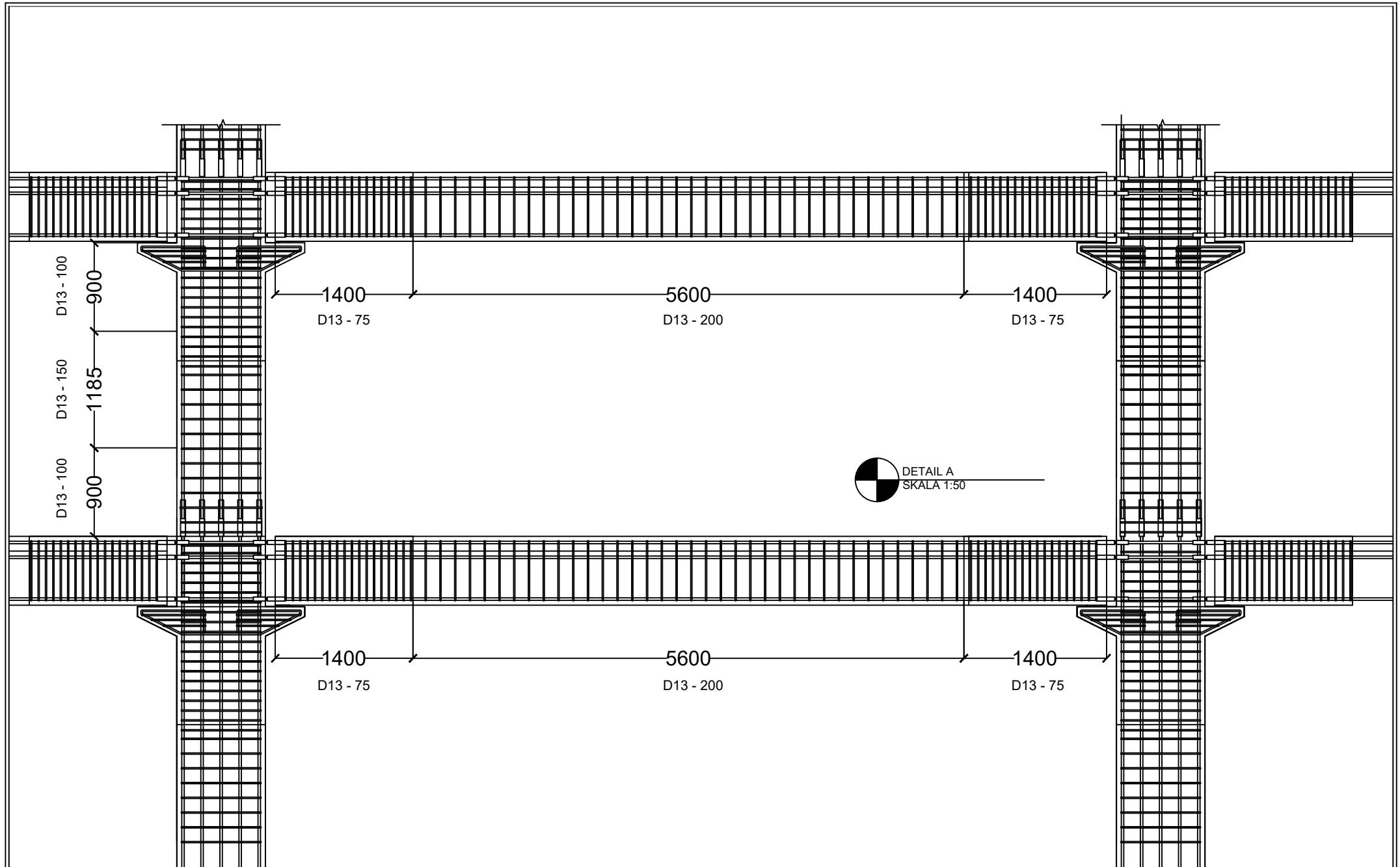
33

DOSEN ASISTENSI

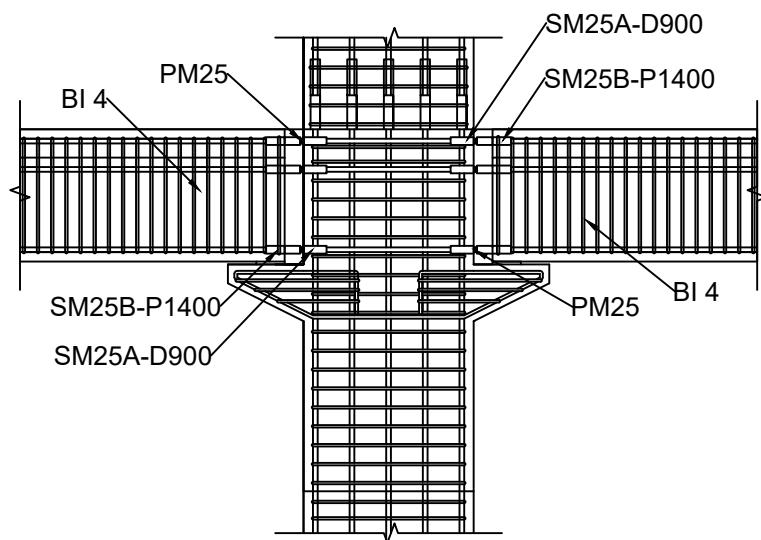
NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
03111640000043



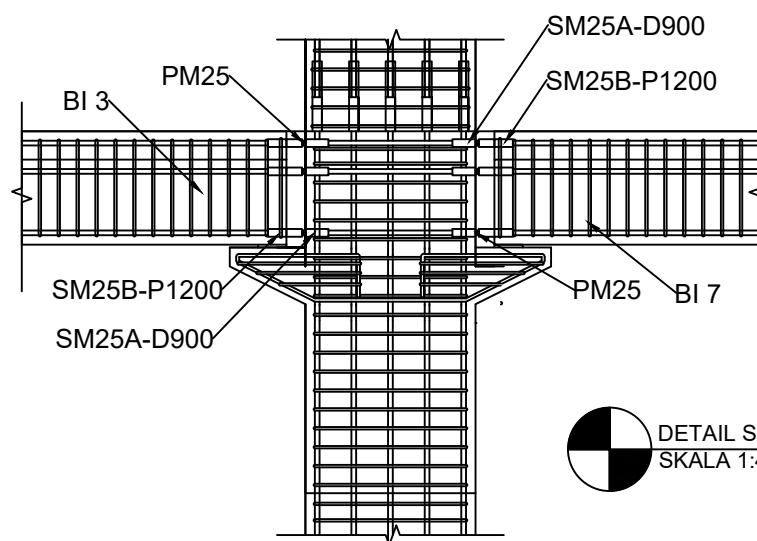
	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	34	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 35	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043
--	--	---------------------	-----------------	--	---



DETAIL SAMBUNGAN BI4-K1-BI4
SKALA 1:40



DETAIL SAMBUNGAN BI3-K1-BI7
SKALA 1:40



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

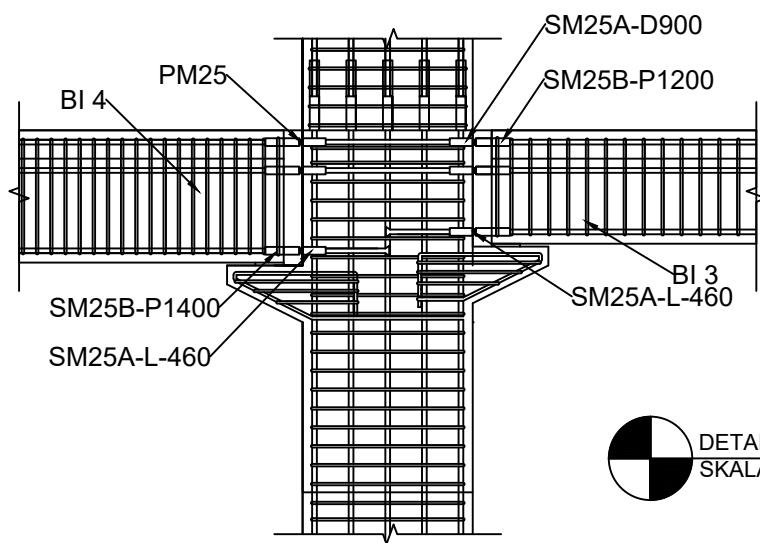
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL

JUMLAH LEMBAR
56

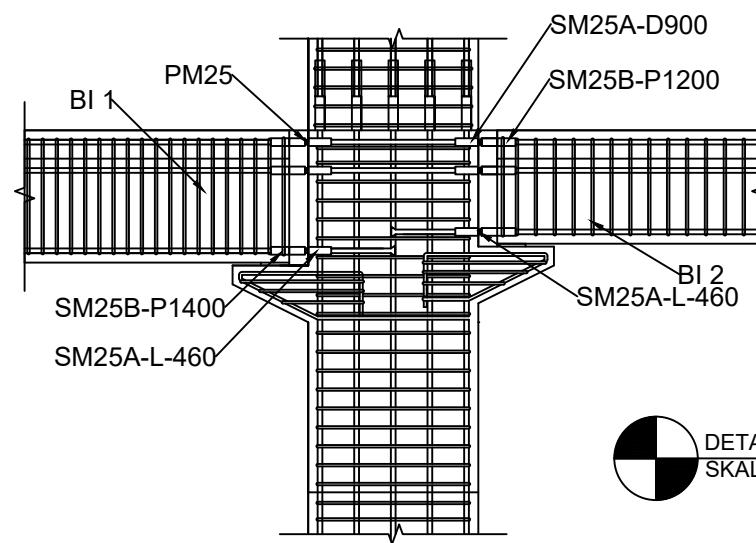
NO LEMBAR
36

DOSEN ASISTENSI
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Data Iranata ST. MT. Ph.D

NAMA & NRP MAHASISWA
KURNIAWAN SUGIANTO
0311164000043



DETAIL SAMBUNGAN BI4-K1-BI3
SKALA 1:40

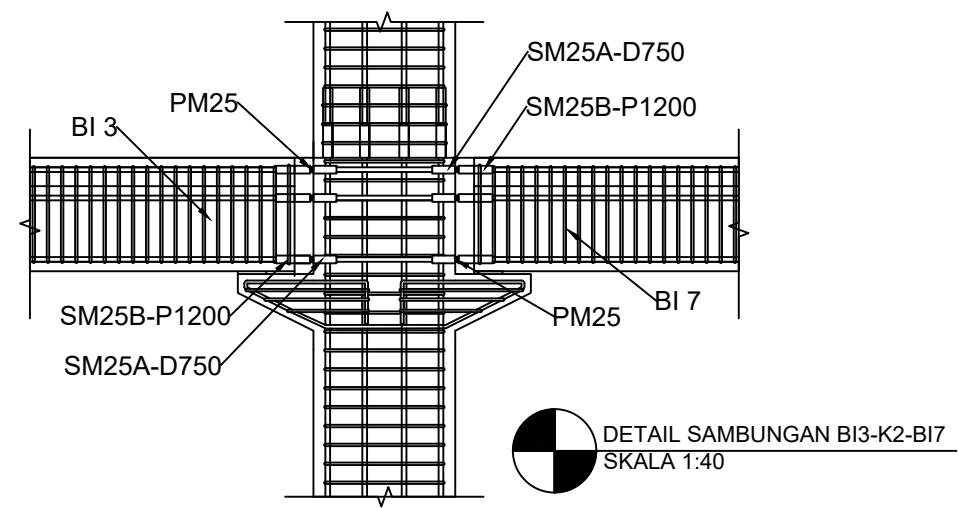
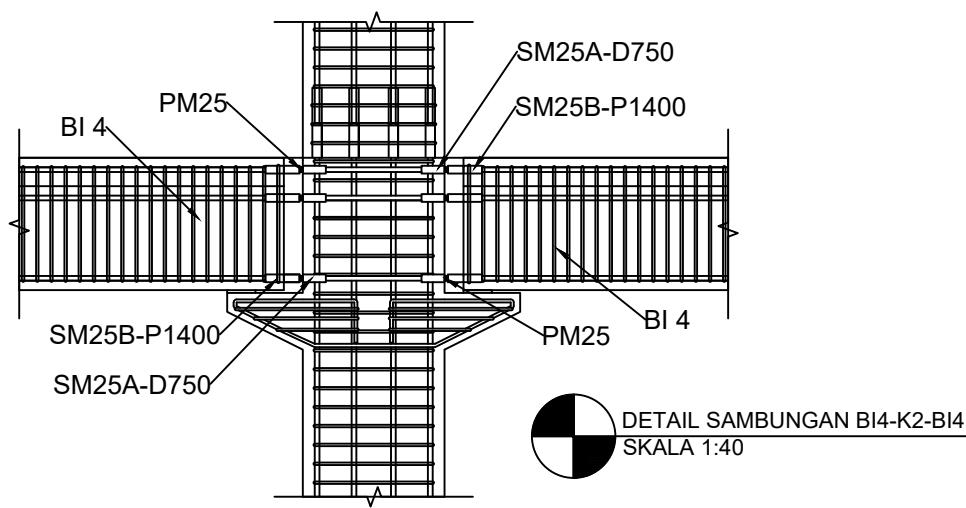


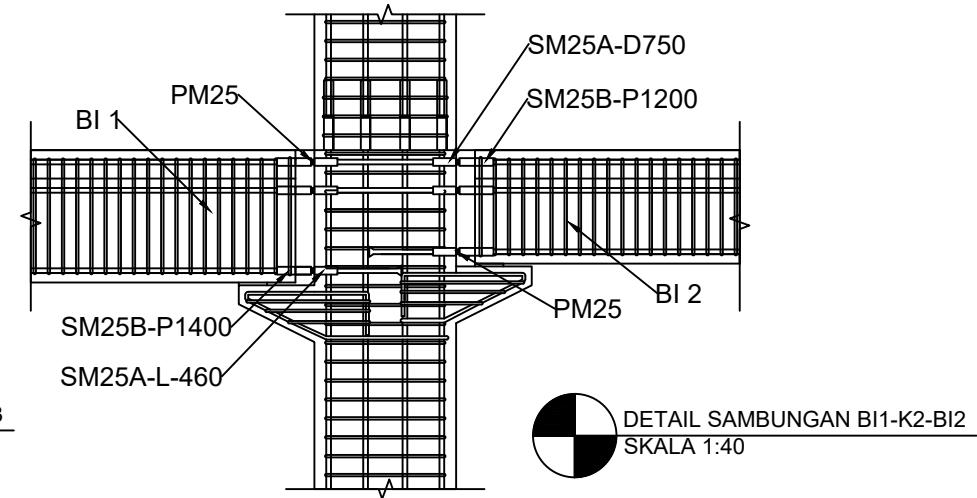
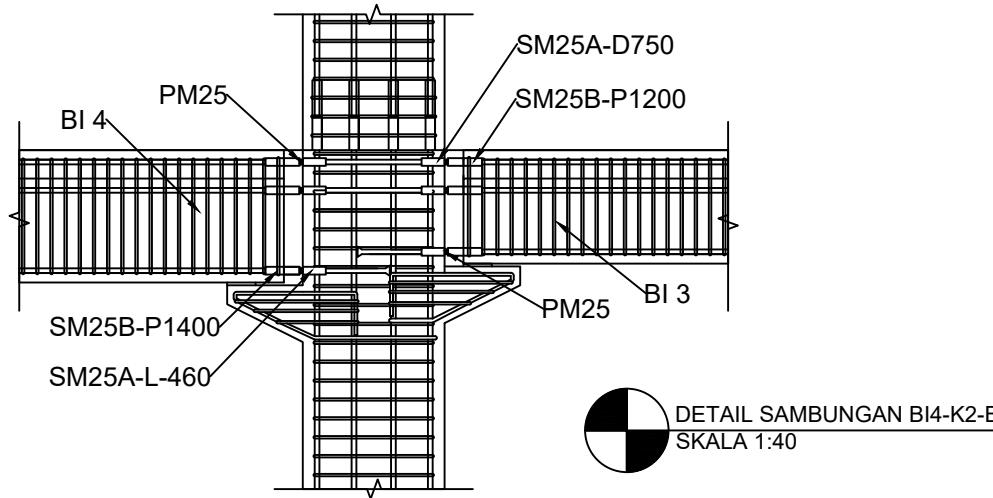
DETAIL SAMBUNGAN BI1-K1-BI2
SKALA 1:40

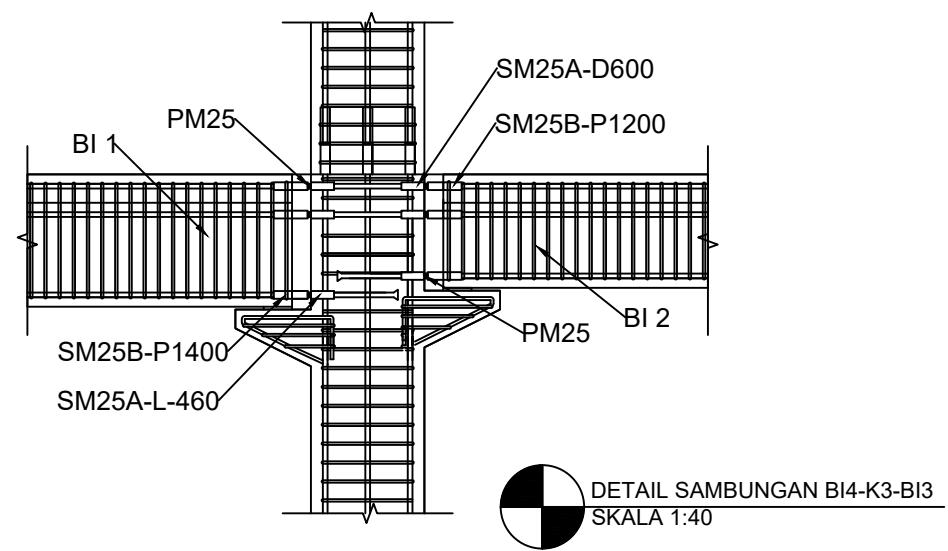
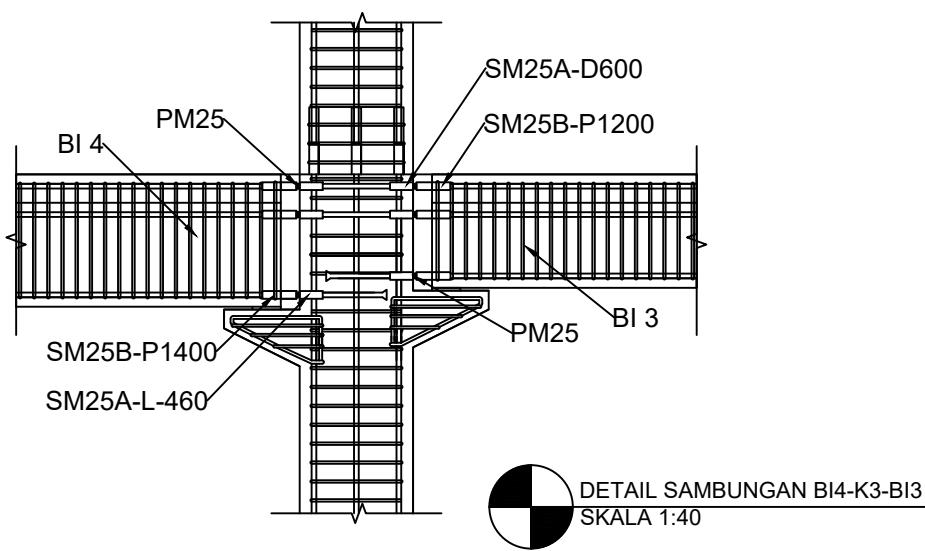


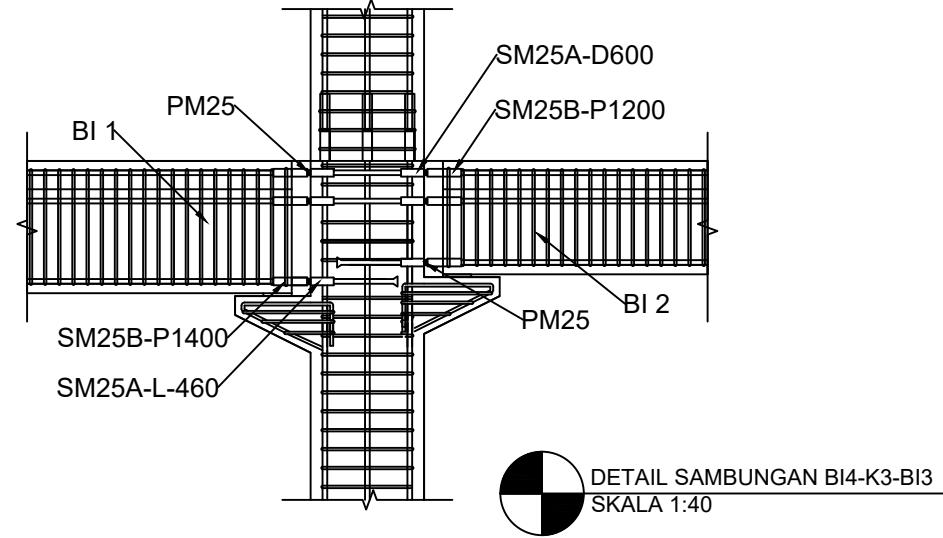
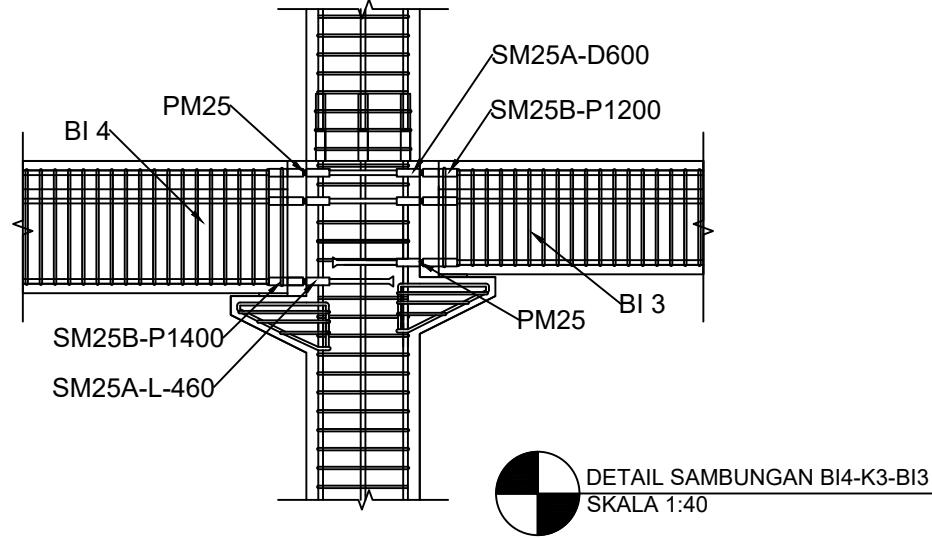
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

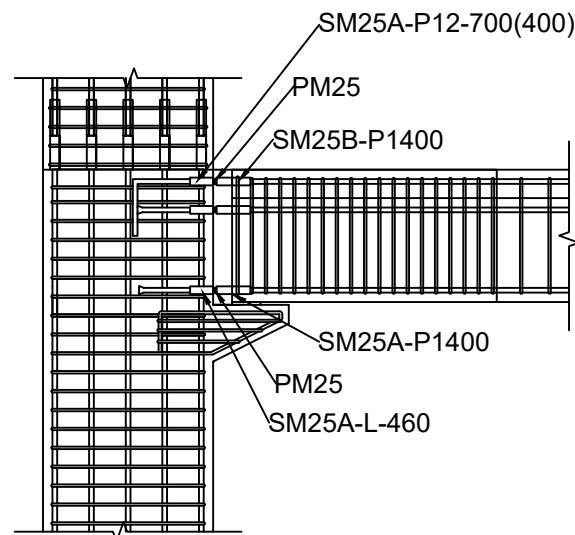
JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	37	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



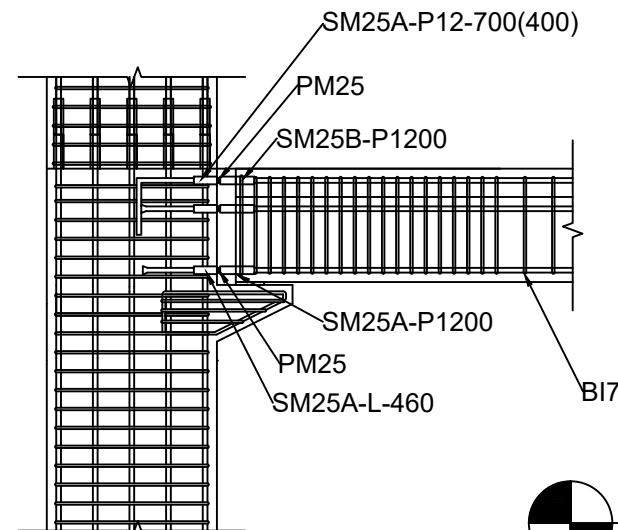






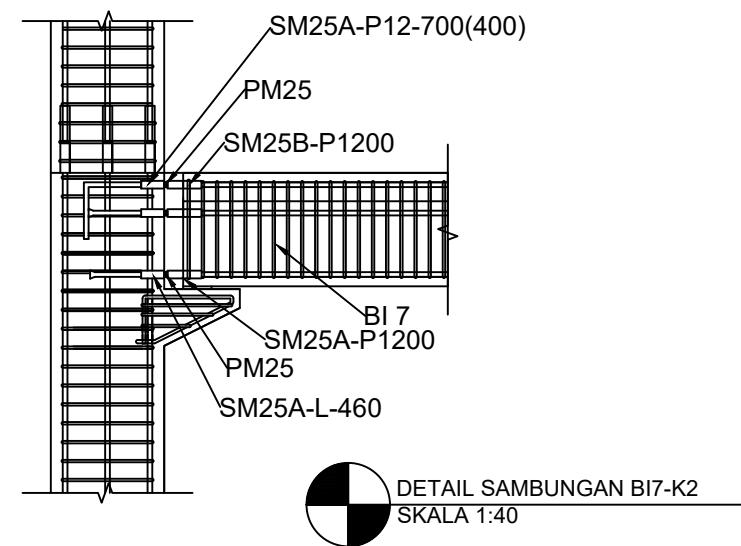
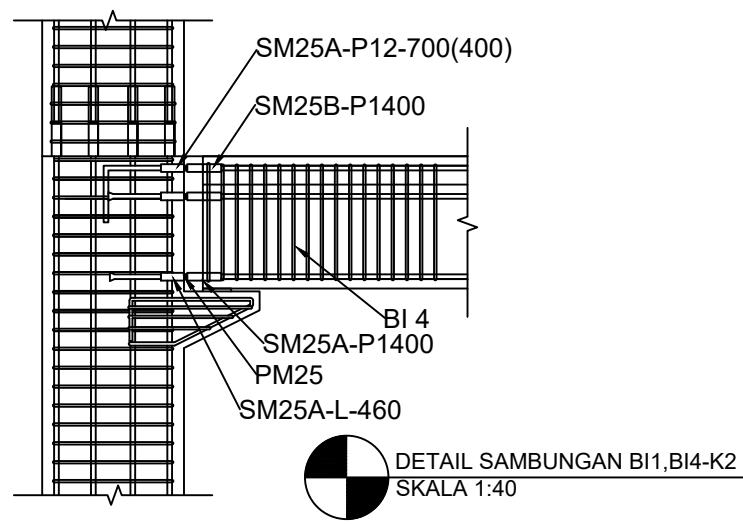


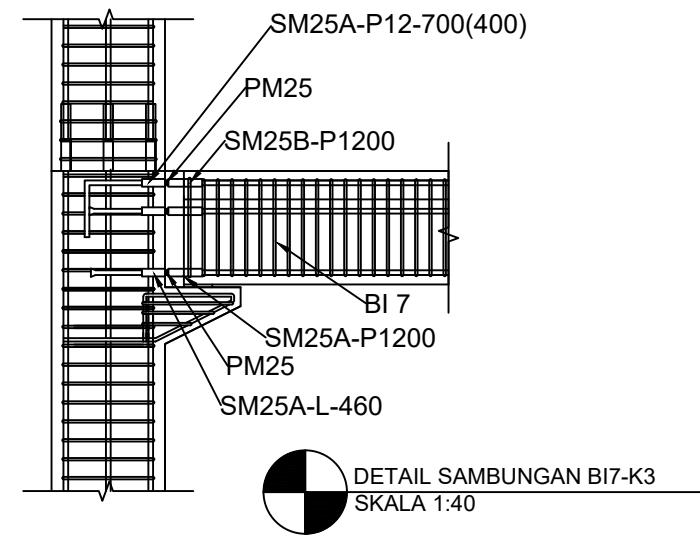
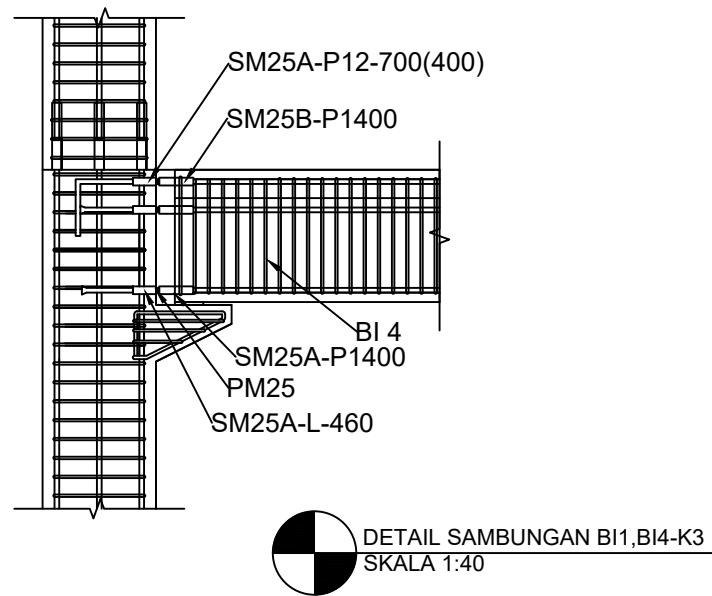
DETAIL SAMBUNGAN BI1,BI4-K1
SKALA 1:40

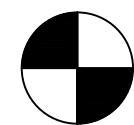
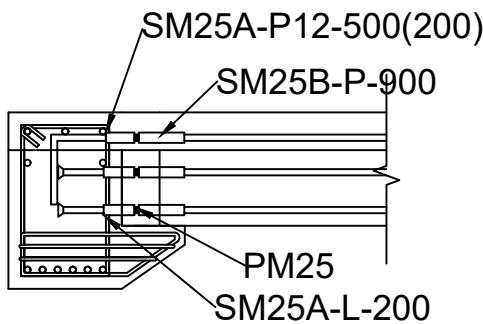


DETAIL SAMBUNGAN BI7-K1
SKALA 1:40

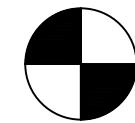
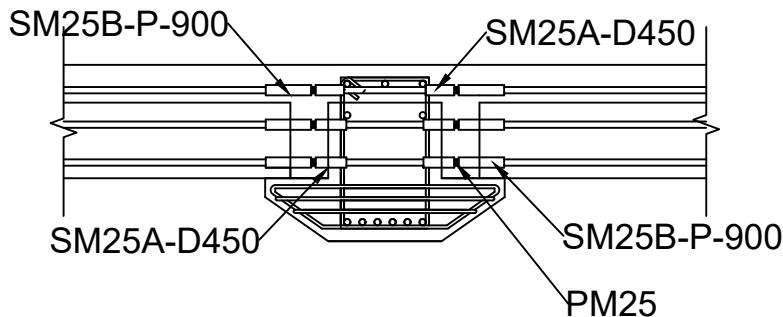




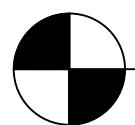
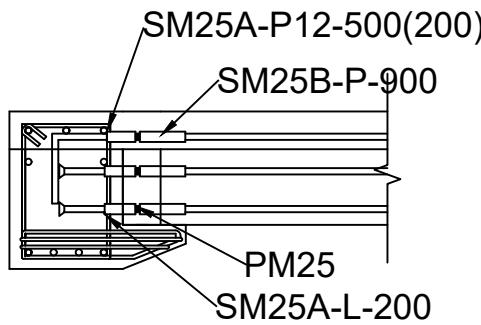




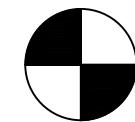
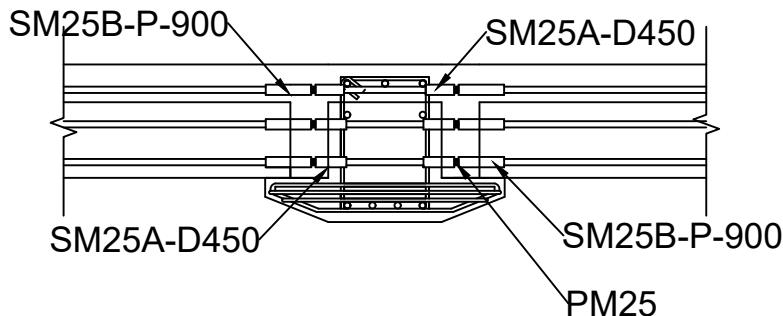
DETAIL SAMBUNGAN BA1-BI 4
SKALA 1:30



DETAIL SAMBUNGAN BA1-BI4-BI2
SKALA 1:30

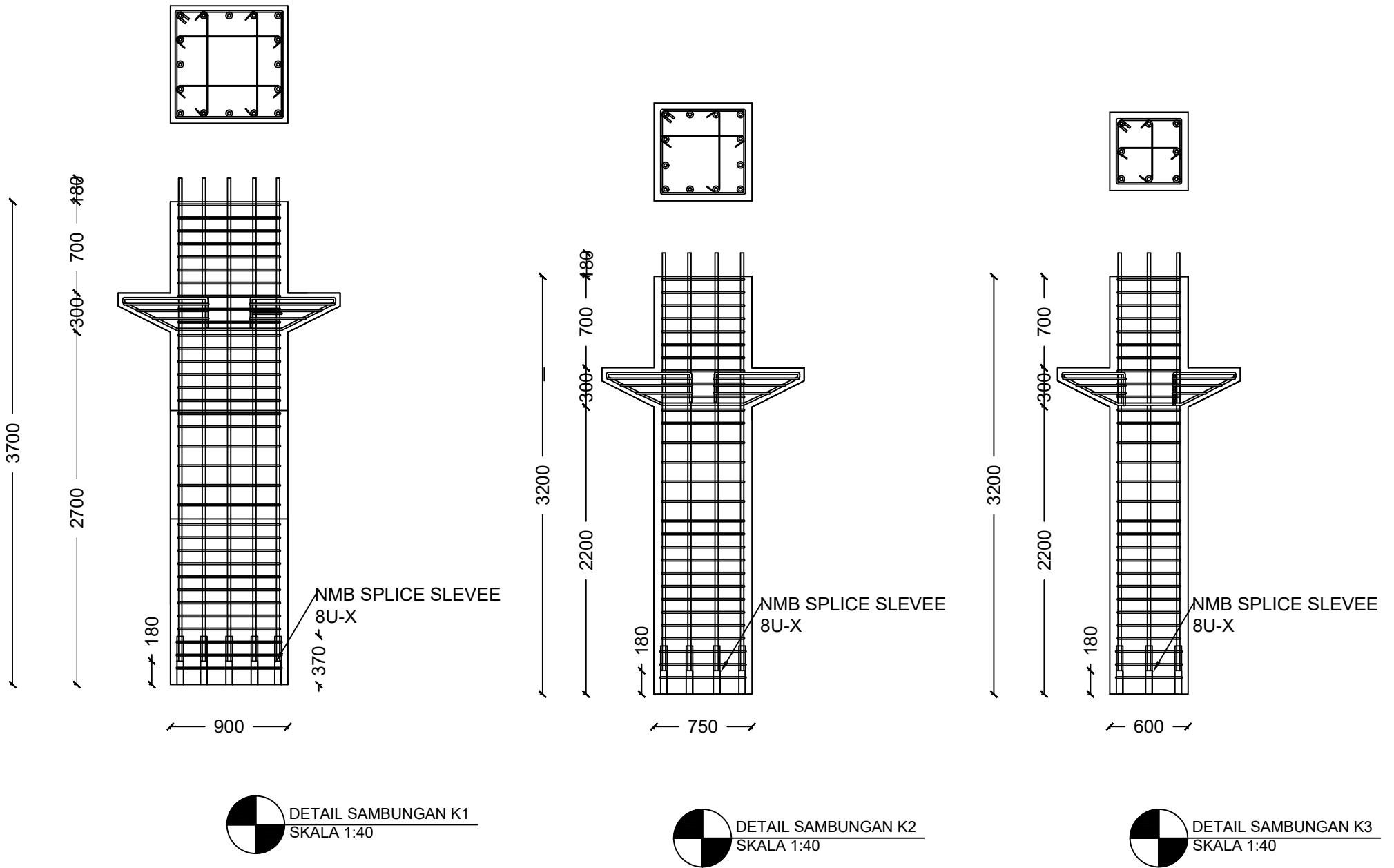


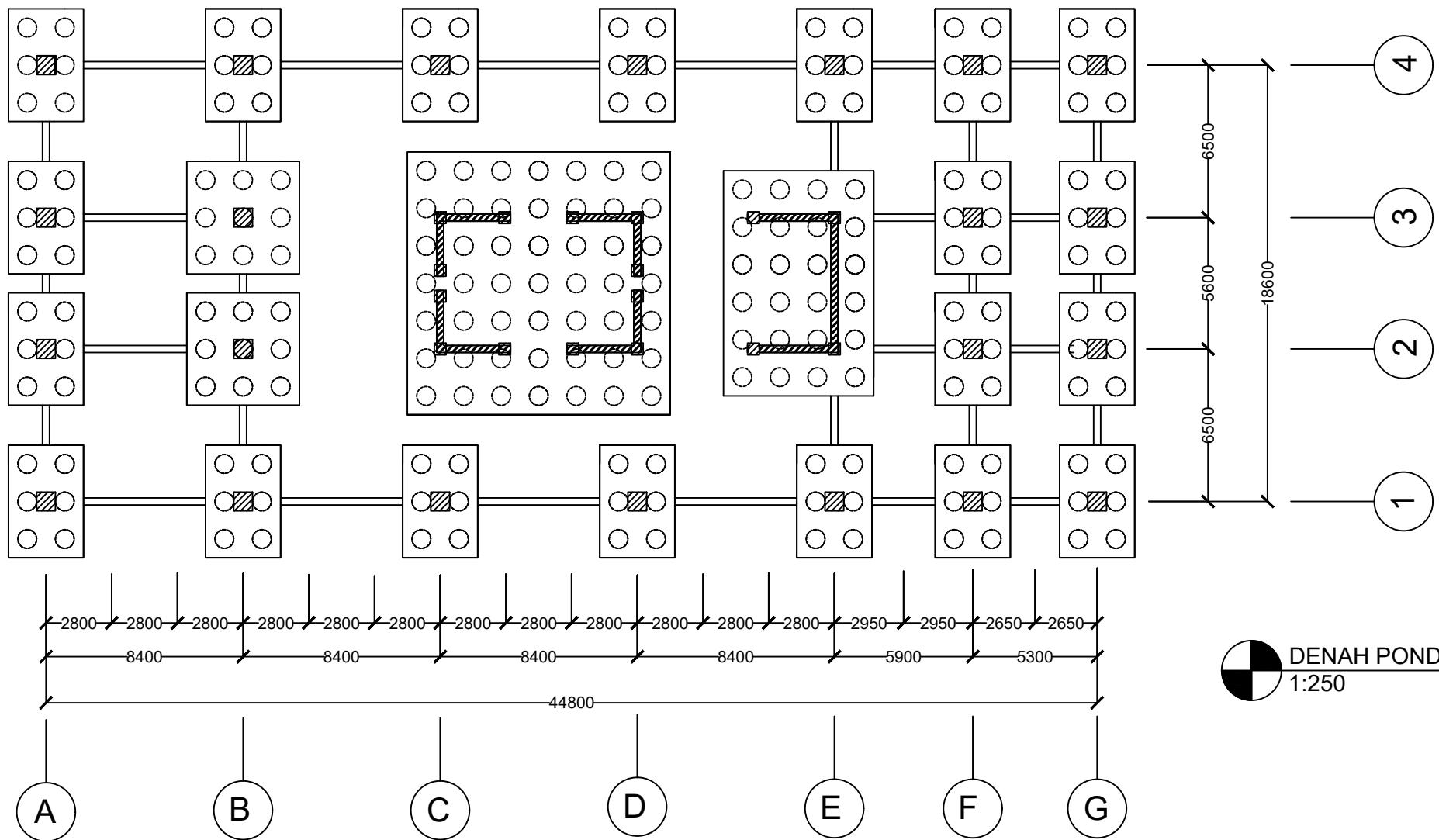
DETAIL SAMBUNGAN BA1-BI3,BI7
SKALA 1:30

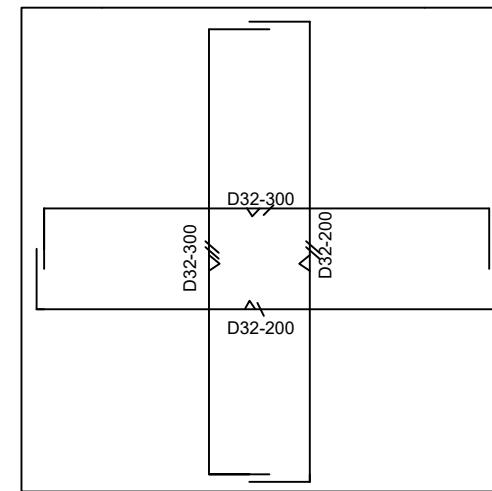
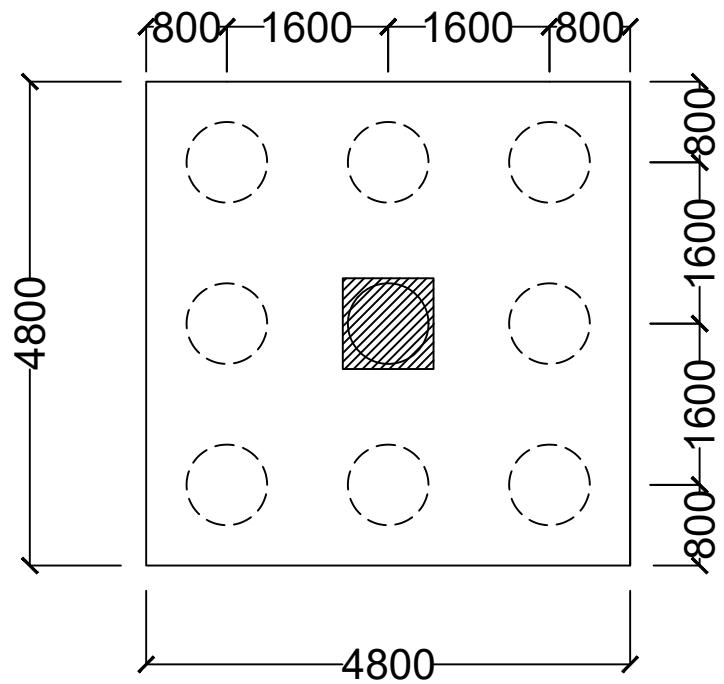


DETAIL SAMBUNGAN BA1-BI3-BA2
SKALA 1:30



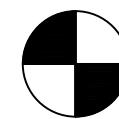
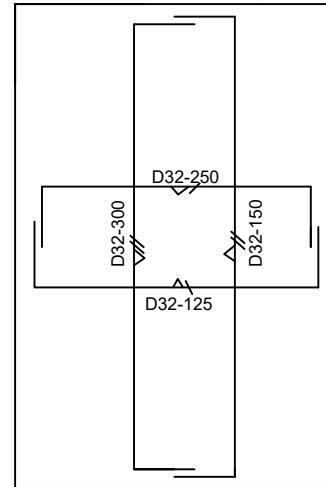
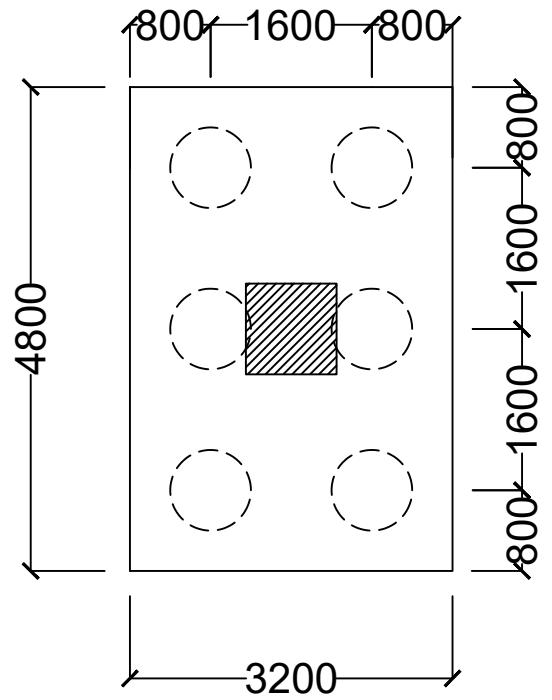






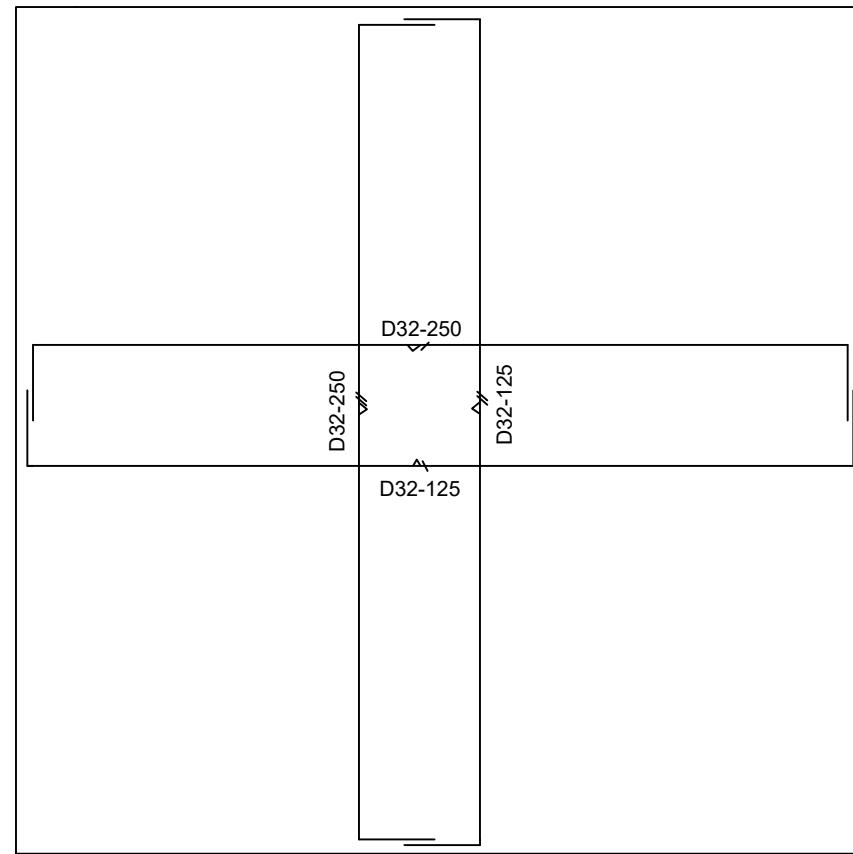
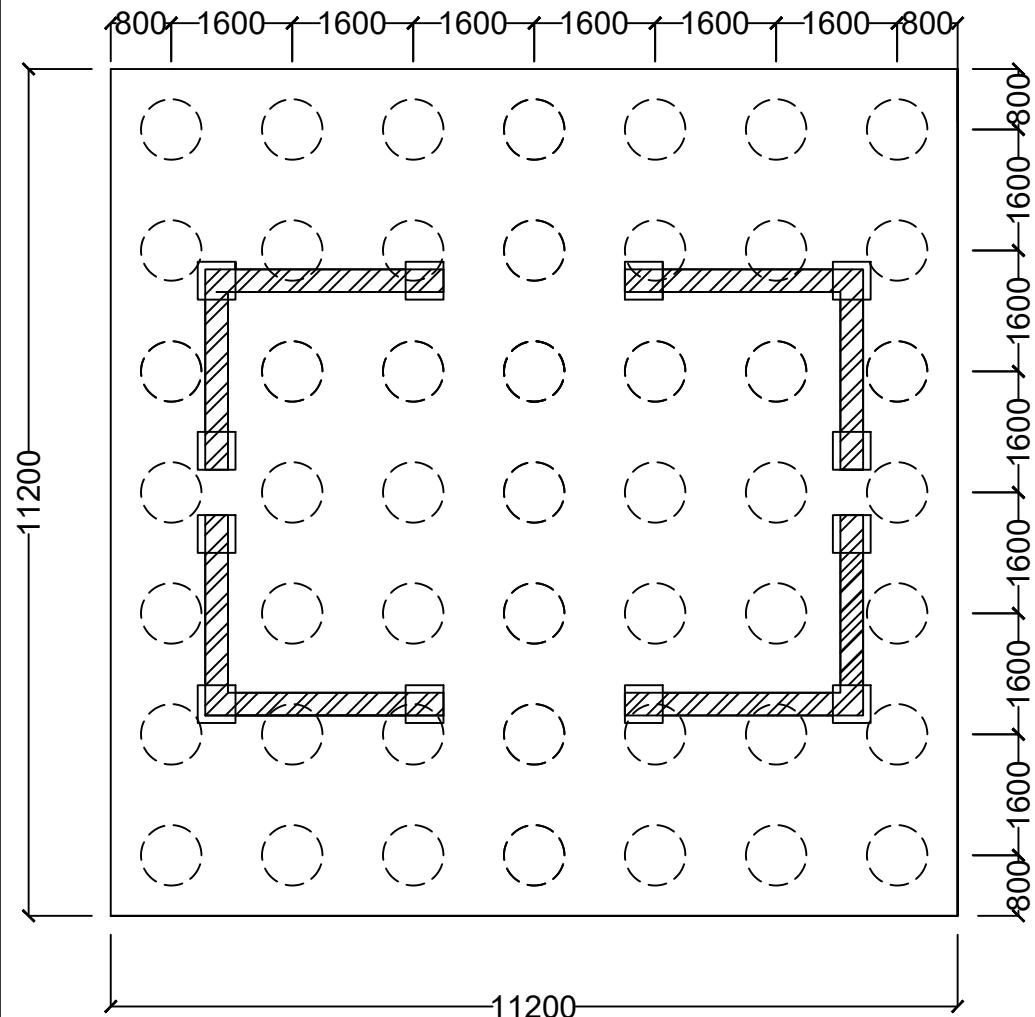
PILE CAP TIPE 1
SKALA 1:75

	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 48	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



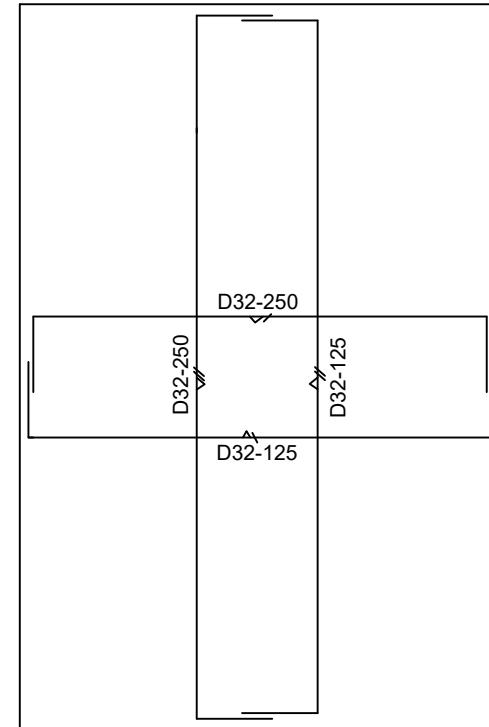
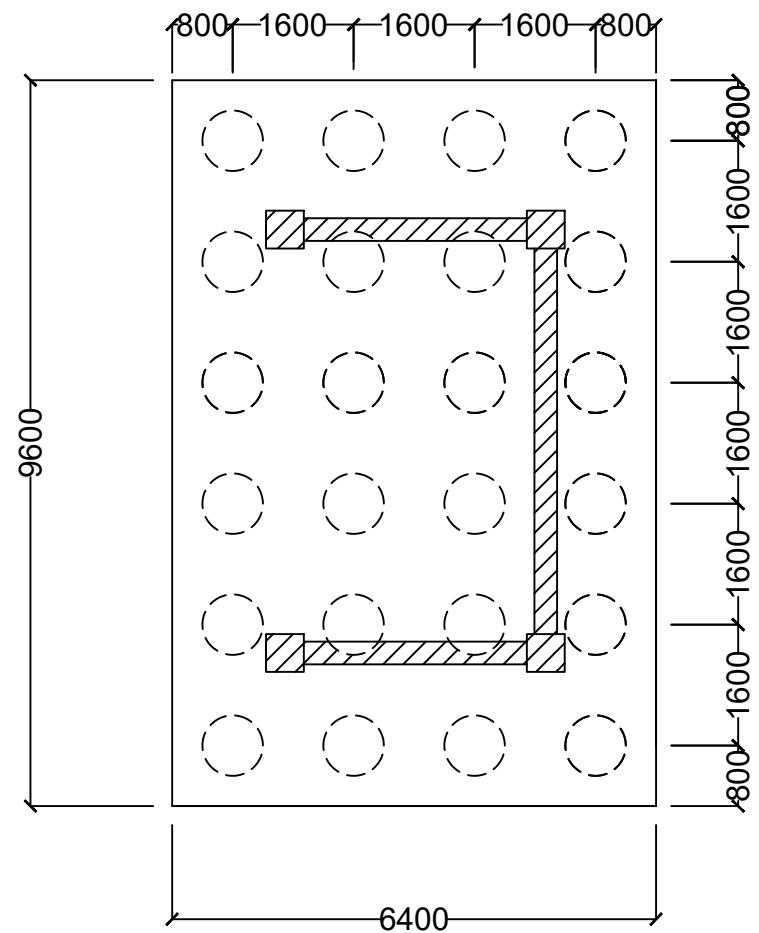
PILE CAP TIPE 2
SKALA 1:75

	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 49	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



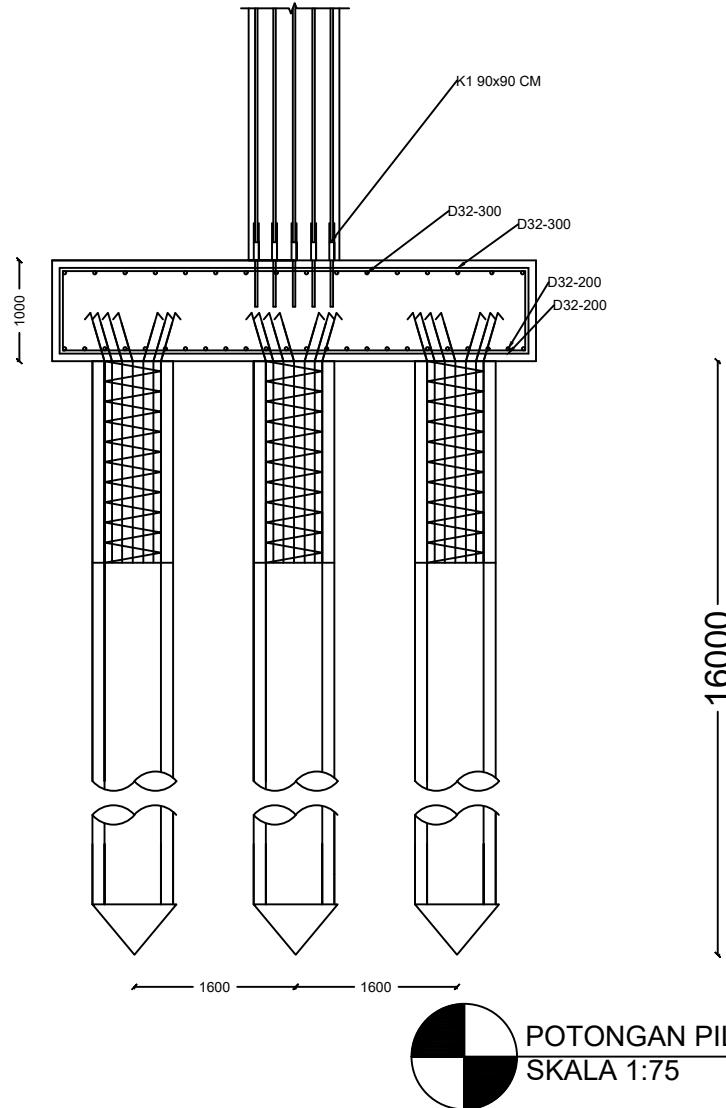
 SKALA 1:100

	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 50	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 031164000043
					

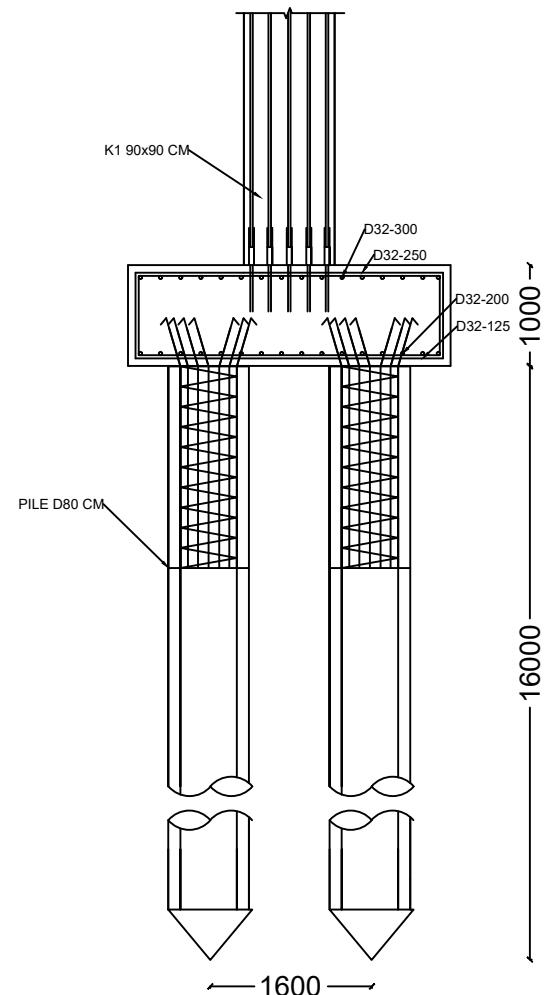


PILE CAP TIPE 4
SKALA 1:100

FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 51	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043
--	--	---------------------	-----------------	--	---

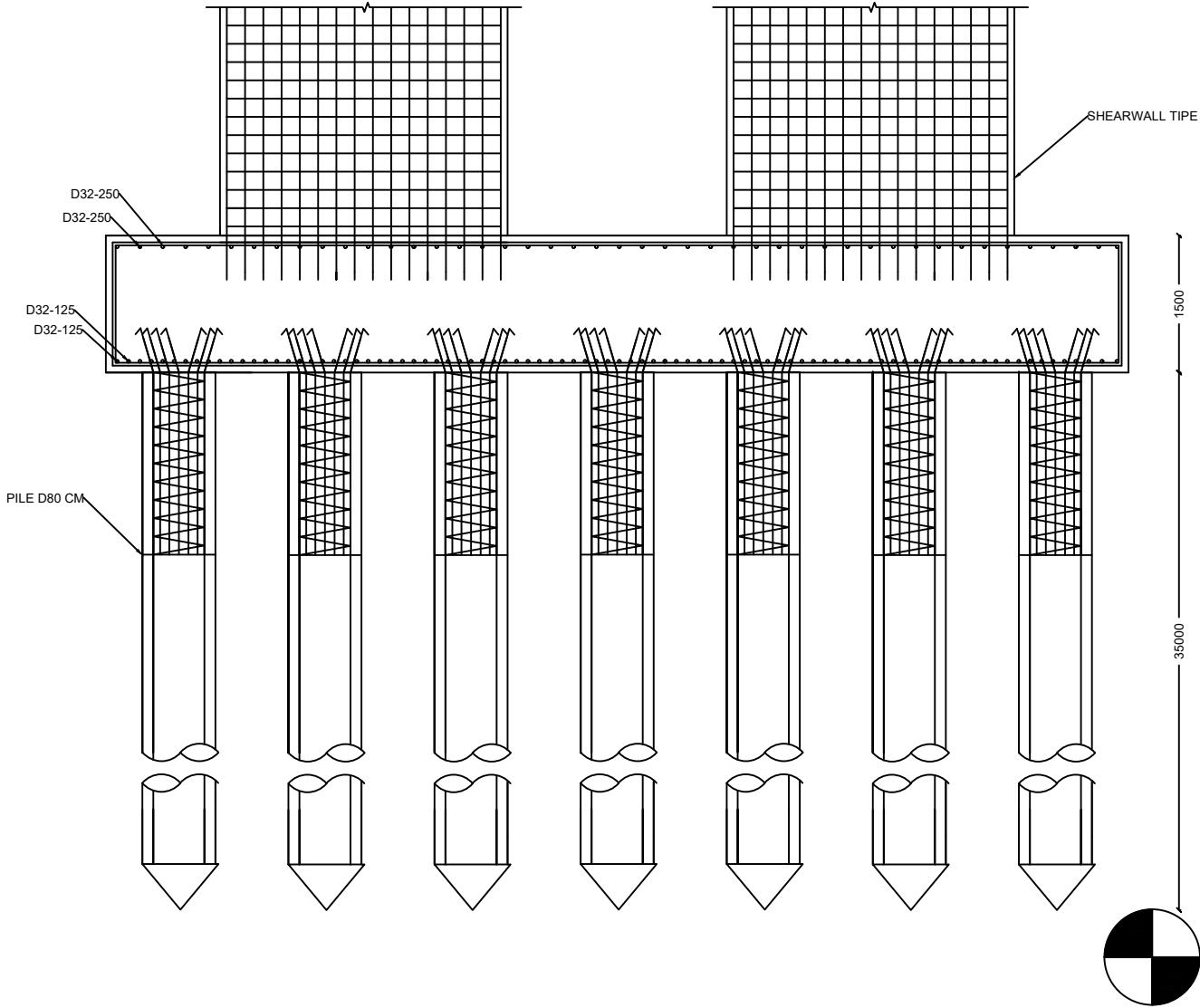


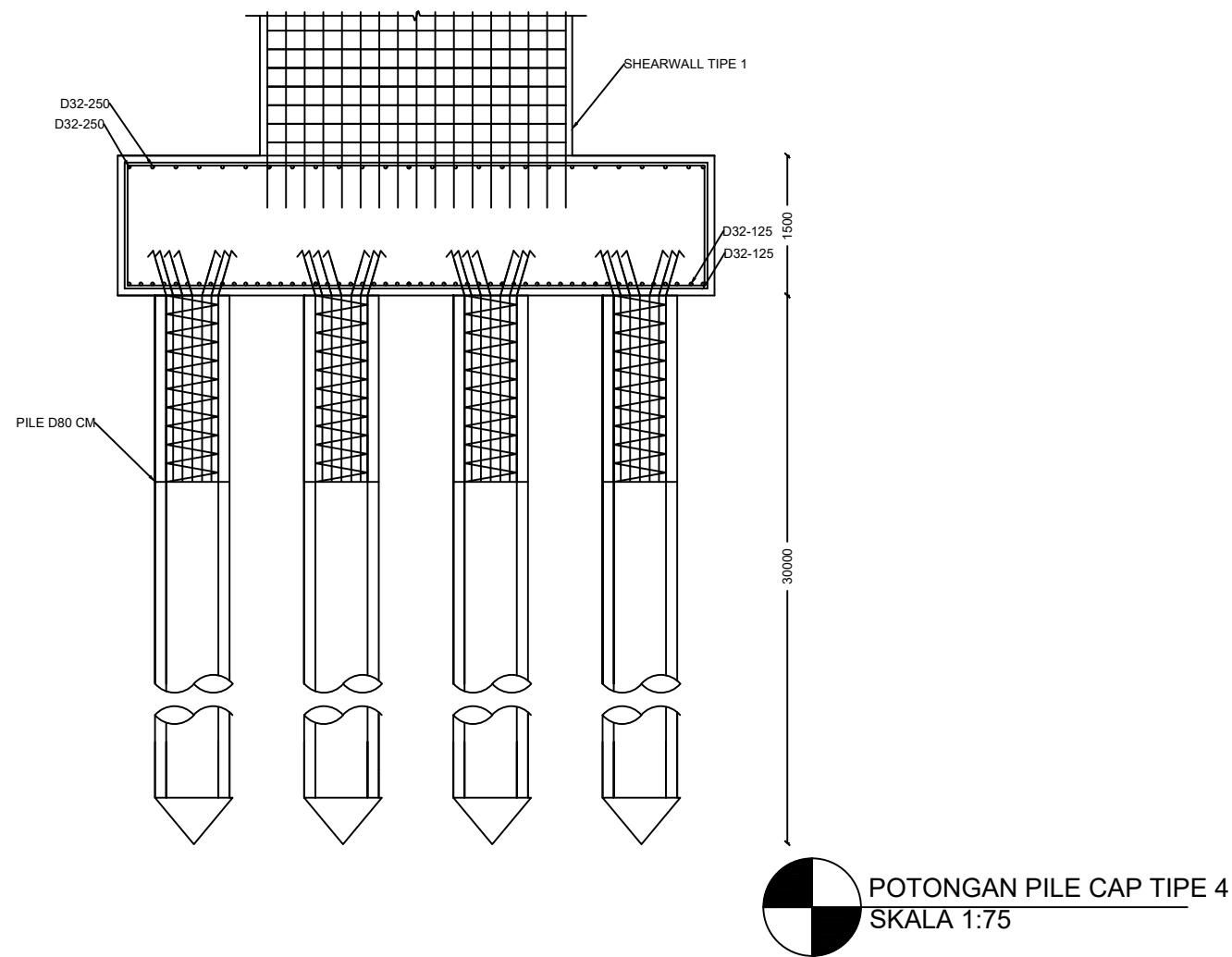
	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 52	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



POTONGAN PILE CAP TIPE 2
SKALA 1:75

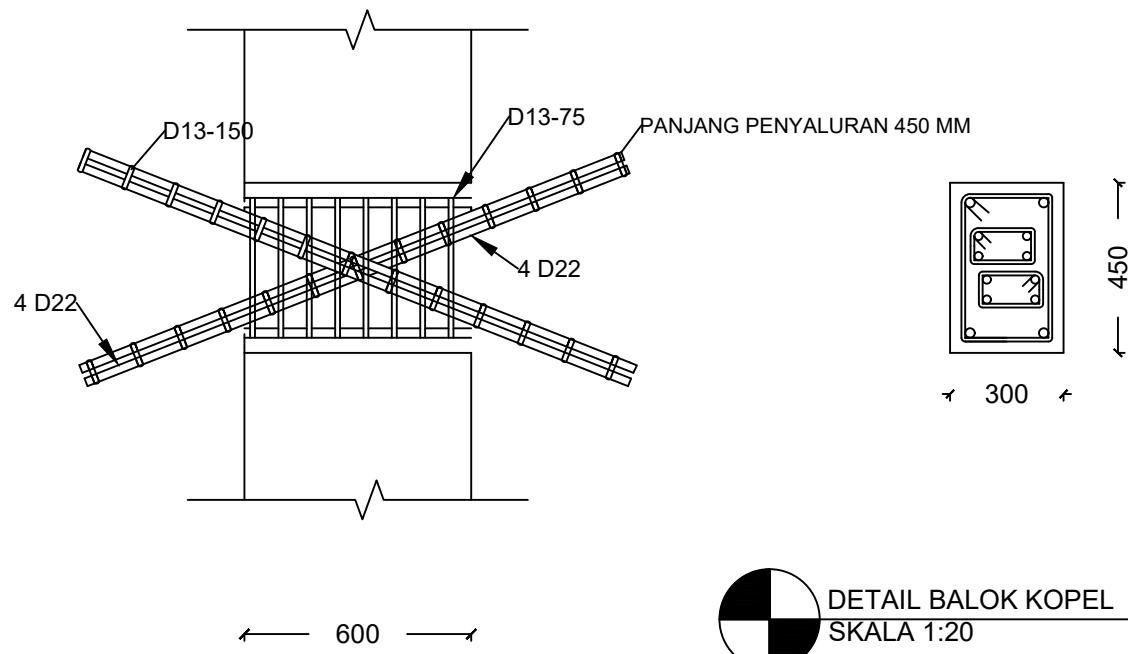
	JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	53	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043





FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR	NO LEMBAR	DOSEN ASISTENSI	NAMA & NRP MAHASISWA
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	56	55	Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043



CATATAN:
UNTUK KEJELASAN, HANYA BAGIAN
TULANGAN PERLU YANG DITUNJUKAN

	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN LA VIZ 15 LANTAI MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DENGAN SHEARWALL	JUMLAH LEMBAR 56	NO LEMBAR 56	DOSEN ASISTENSI Prof. Tavio ST. MT. Ph.D Data Iranata ST. MT. Ph.D	NAMA & NRP MAHASISWA KURNIAWAN SUGIANTO 0311164000043

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Kurniawan Sugianto, lahir di Surabaya pada 23 Desember 1997. Penulis Menempuh Pendidikan di SD Santo Yosef Surabaya, SMP Santo Yosef Surabaya, dan SMA St.Louis 1 Surabaya. Penulis melanjutkan Pendidikan dengan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian ITS jurusan teknik sipil pada tahun 2016 dengan NRP 03111640000043. Penulis menyelesaikan gelar sarjananya melalui Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Struktur Gedung Apartemen La Viz 15 Lantai Menggunakan Beton Pracetak dengan Shear Wall”.

Email: kurniawansugianto1997@gmail.com