



TUGAS AKHIR (RC18-1501)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE SURABAYA
MENGUNAKAN U-BOOT PADA FLAT SLAB DAN
KOLOM PRACETAK**

HUTOMO FADJAR RAHMAN
NRP. 03111640000143

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

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

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR (RC18-1501)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE SURABAYA
MENGUNAKAN U-BOOT PADA FLAT SLAB DAN
KOLOM PRACETAK**

HUTOMO FADJAR RAHMAN
NRP. 03111640000143

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

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

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT (RC18-1501)

**STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN FOR AMEGA
CROWN RESIDENCE APARTMENET USING U-BOOT IN
FLAT SLAB AND PRECAST COLUMN**

HUTOMO FADJAR RAHMAN
NRP. 03111640000143

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

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

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering, Planning and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE SURABAYA MENGGUNAKAN U-BOOT PADA FLAT SLAB DAN KOLOM PRACETAK



TUGAS AKHIR

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

Oleh:

HUTOMO FADJAR RAHMAN
NRP. 0311164000143

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

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

SURABAYA

JULI, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN U-BOOT PADA FLAT
SLAB DAN KOLOM PRACETAK**

Nama Mahasiswa : Hutoomo Fadjar Rahman
NRP : 03111640000143
Departemen : Teknik Sipil FTSPK – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D.
Harun Al Rasyid, ST. MT. Ph. D

ABSTRAK

Surabaya adalah kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. Menurut Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil kota Surabaya pada awal tahun 2019 jumlah penduduk mencapai 3,095 juta jiwa dan akan terus meningkat, Dengan banyaknya jumlah penduduk yang ada dan terus meningkat, maka kebutuhan akan sarana prasarana untuk memfasilitasi penduduk seperti pembangunan gedung tingkat tinggi yang semakin banyak layaknya apartemen dan perkantoran. Maka dari itu dibutuhkan inovasi konstruksi yang relatif cepat, dan efisien tanpa mengurangi kualitas dari struktur. Seiring dengan perkembangan teknologi pada saat ini, sebuah bangunan juga tidak hanya membutuhkan kekuatan struktur yang kuat saja, tetapi memerhatikan dari segi arsitektural dan keindahannya.

Apartemen Amega Crown Residence menggunakan material beton bertulang dengan total 12 lantai dan 2 tempat parkir dan dibangun dengan metode cor ditempat. Untuk mengefisiensi biaya penggunaan material dan waktu tanpa mengurangi kualitas dan mutu beton, penulis akan memodifikasi Struktur Gedung Apartemen Amega Crown Residence

menggunakan U-Boot untuk menghemat material dan metode pracetak serta dimodifikasi menjadi 14 lantai.

Pada perhitungan struktur gedung agar kuat terhadap beban lateral layaknya gempa, gedung ini didesain dengan sistem ganda yakni gabungan antara sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding struktural (shearwall). Beban lateral yang disebabkan oleh gempa dipikul oleh kedua sistem tersebut. Dengan digunakannya U-Boot, membuat berat struktur gedung menjadi lebih ringan dan lebih indah secara estetika. Dari hasil analisis yang dilakukan, digunakan U-Boot tipe Single H-16 dan Single H-13.

Kata kunci: U-Boot, Beton Pracetak, Sistem Ganda

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN FOR AMEGA CROWN RESIDENCE APARTMENET USING U-BOOT IN FLAT SLAB AND PRECAST COLUMN

Student Name : **Hutomo Fadjar Rahman**
NRP : **03111640000143**
Department : **Civil Engineering FTSPK – ITS**
Academic Supervisor : **Prof. Tavio, ST. MT. Ph. D**
Harun Al Rasyid, ST. MT. Ph. D

ABSTRACT

Surabaya is the second largest city in Indonesia after Jakarta. According to the Surabaya Population and Civil Registry Office in early 2019 the population reached 3,095 million and will continue to increase. With the population increasing, the need for infrastructure for the construction of apartment and office residents. Therefore, a relatively fast and efficient innovation is needed without reducing the quality of the structure. With the development of technology at this time, a building also not only requires a strong structure, but pay attention to in terms of architectural and beauty.

Amega Crown Residence Apartment uses reinforced concrete with a total of 12 floors, 2 parking lots and is built using the on-site cast method. To make efficient use of materials and costs without reducing the quality and quality of concrete, the author will replace the Amega Crown Residence Building Structure using a U-Boot System to conserve materials and precast methods and modified to 14 floors without the parking lots.

The structure modification of the building has to be strong against lateral loads like an earthquake, this building is designed

with a dual system consisting of a moment bearing frame system and a structural wall system (shearwall). Lateral load caused by the earthquake is resist by the two systems. By using U-Boot system making the structure of the building become lighter and more aesthetically beautiful. In this case U-Boot Single H-16 and Single H-13 are used.

Keyword: U-Boot, Flatslab, Precast Concrete, Shearwall

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat, kasih dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE SURABAYA MENGGUNAKAN U-BOOT PADA FLAT SLAB DAN KOLOM PRACETAK” ini dengan baik dan tepat waktu. Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

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

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

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

Surabaya, Juni 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL.....	xxiii
1. BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.2.1 Permasalahan Utama.....	3
1.2.2 Rincian Permasalaham.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Utama.....	4
1.3.2 Tujuan Detail.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	5
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Sistem Struktur Gedung.....	7
2.3 Beton Pracetak.....	8
2.4 Elemen Pracetak.....	9
2.4.1 Balok.....	9

2.4.2 Kolom.....	10
2.4.3 Pelat.....	10
2.5 U-Boot.....	13
2.6 Sambungan Beton Pracetak	14
2.6.1 NMB Splice Sleeve	15
2.7 Dinding Geser	15
2.8 Pondasi	15
3. BAB III METODOLOGI	19
3.1 Umum.....	19
3.2 Bagan Alir Perencanaan	20
3.3 Pengumpulan Data	21
3.4 Metode Pelaksanaan	22
3.4.1 Sistem Struktur	22
3.4.2 Sistem Transportasi	23
3.4.3 Metode <i>Erection</i>	23
3.4.4 Pengangkatan Elemen Pracetak	24
3.5 Preliminary Design.....	24
3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat.....	24
3.5.2 Perencanaan Dimensi Kolom.....	25
3.5.3 Perencanaan Balok Tepi	25
3.5.4 Perencanaan Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	26
3.6 Pembebanan	26
3.6.1 Beban Statis.....	26
3.6.2 Beban Dinamis	27

3.6.3 Kombinasi Pembebanan	29
3.7 Permodelan Persyaratan Struktur	29
3.8 Kontrol Persyaratan Struktur	29
3.8.1 Kontrol Partisipasi Masa	29
3.8.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur	30
3.8.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis	30
3.8.4 Kontrol <i>Drift</i>	31
3.9 Perencanaan Struktur Sekunder	31
3.9.1 Tangga	31
3.9.2 Lift	32
3.10 Perencanaan Struktur Primer	32
3.10.1 Pelat	32
3.10.2 Kolom	32
3.10.3 Balok	32
3.10.4 Dinding Geser	33
3.11 Perencanaan Sambungan	33
3.11.1 Sambungan <i>Base Plate</i> – Kolom dan Kolom – Kolom	33
3.12 Perencanaan Pondasi	34
3.13 Gambar Teknik	34
3.14 Jadwal Penyelesaian Tugas Akhir	34
4. BAB IV PEMBAHASAN	37
4.1 Data Perencanaan	37
4.1.1 Data Gedung	37

4.1.2 Pembebanan	37
4.2 Metode Pelaksanaan	38
4.2.1 Sistem Struktur	38
4.2.2 Sistem Transportasi	38
4.2.3 Metode Erection	39
4.2.4 Pengangkatan Elemen Pracetak	39
4.3 Perencanaan Struktur Sekunder	40
4.3.1 Perencanaan Tangga.....	40
4.3.2 Perhitungan Balok Bordes	53
4.3.3 Perencanaan Balok Lift	56
4.4 Preliminary Design.....	58
4.4.1 Umum.....	58
4.4.2 Pelat.....	58
4.4.3 Drop Panel.....	59
4.4.3 Kolom.....	60
4.4.4 Balok Tepi.....	63
4.4.5 Dinding Geser.....	64
4.5 Permodelan Struktur.....	65
4.5.1 Umum.....	65
4.5.2 Pembebanan	66
4.5.3 Permodelan U-Boot <i>slab</i> pada ETABS.....	70
4.6 Kontrol Persyaratan Desain Struktur	71
4.6.1 Kontrol Beban Gravitasi	72
4.6.2 Kontrol Partisipasi Massa	74

4.6.3	Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental	75
4.6.4	Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik	76
4.6.5	Kontrol Simpangan Antar Lantai	77
4.6.6	Kontrol Sistem Ganda	80
4.7	Perencanaan Struktur Primer	80
4.7.1	Umum.....	80
4.7.2	Perencanaan Pelat U-Boot	80
4.7.3	Perencanaan Drop Panel.....	123
4.7.4	Perencanaan Balok Tepi	129
4.7.5	Perencanaan Kolom.....	143
4.7.6	Perencanaan <i>Shear wall</i>	153
4.8	Perencanaan Struktur Bawah.....	160
4.8.1	Pembebanan	160
4.8.2	Data Perencanaan	162
4.8.3	Perencanaan Tiang Pancngang	163
4.8.4	Perencanaan Pile Cap	173
4.8.5	Perencanaan sloof.....	178
5.	BAB V PENUTUP.....	182
5.1	Kesimpulan	182
5.2	Saran	183
	DAFTAR PUSTAKA	185
	LAMPIRAN.....	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak Amega Crown Residence Surabaya	3
Gambar 2.1 Interaksi antara sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding s.....	7
Gambar 2.2 Penampang Balok, (a) Balok Persegi, (b) Balok I. (c) Balok T terbalik.....	10
Gambar 2.3 Penampang <i>Flatslab</i>	11
Gambar 2.4 Ilustrasi <i>Waffleslab</i>	11
Gambar 2.5 Penampang <i>Hollow Core Slab</i>	12
Gambar 2.6 Pemasangan Sistem <i>Cobiax</i>	13
Gambar 2.7 U-Boot Tipe <i>Double</i>	13
Gambar 2.8 Pemasangan U-Boot Tipe <i>Single</i>)	14
Gambar 2.9 Ilustrasi Dimensi NMB Splice Sleeve.....	15
Gambar 2.10 Pondasi Dalam Tiang Pancang	17
Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan.....	20
Gambar 3.2 Sistem Struktur Rangka dengan Kolom Sambungan Setiap Lantai	23
Gambar 3.3 Metode Erection Horizontal.....	24
Gambar 3.4 Pengangkatan Kolom Pracetak	24
Gambar 3.5 Perhitungan Simpangan Antar Lantai	31
Gambar 3.6 Ilustrasi Sambungan Kolom-Kolom	34
Gambar 4.1 Sistem Struktur Rangka dengan Kolom Sambungan Setiap Lantai	38
Gambar 4.2 Metode Erection Horizontal.....	39
Gambar 4.3 Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pracetak.....	40
Gambar 4.4 Denah Tangga.....	41
Gambar 4.5 Permodelan Tangga	42
Gambar 4.6 Bidang Normal Tangga.....	43

Gambar 4.7 Bidang Geser Tangga	44
Gambar 4.8 Bidang Momen Tangga	45
Gambar 4.9 Pengangkatan Pelat dengan 8 titik angkat.....	50
Gambar 4.10 Profil BSA	52
Gambar 4.11 Profil Kait JL	52
Gambar 4.12 JENGKA Lifter.....	52
Gambar 4.13 Denah Ruang Lift	56
Gambar 4.14 Spesifikasi Lift.....	57
Gambar 4.15 Spesifikasi berbagai tipe U-Boot	59
Gambar 4.16 Tributary Area Kolom Terluas.....	60
Gambar 4.17 Tampak 3D Struktur	65
Gambar 4.18 Denah Lantai 1-13 Struktur	66
Gambar 4.19 Tampak Potongan Struktur	66
Gambar 4.20 Grafik Respon Spektrum Tol-Rungkut, Surabaya.	70
Gambar 4.21 Faktor Modifier yang dimasukkan ke ETABS.....	71
Gambar 4.22 Grafik Simpangan Antar Lantai.....	79
Gambar 4.23 Diagram Momen M11	81
Gambar 4.24 Diagram Momen M22	81
Gambar 4.25 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 280 mm Arah X	90
Gambar 4.26 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 280 mm Arah Y	90
Gambar 4.27 Distribusi Tegangan Geser Pelat-Kolom Interior..	96
Gambar 4.28 Distribusi Tegangan Geser Pelat-Kolom Eksterior	98
Gambar 4.29 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 250 mm Arah X	114
Gambar 4.30 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 250 mm Arah Y	114
Gambar 4.31 Denah Struktur.....	129
Gambar 4.32 Ilustrasi Luasan Aoh	137
Gambar 4.33 Denah Perencanaan Kolom Pracetak.....	144
Gambar 4.34 Hasil Analisis Kolom dari SpColumn.....	145
Gambar 4.35 Profil <i>Rope Strut</i>	152

Gambar 4.36 Profil <i>Mounting Shaft</i>	152
Gambar 4.37 Denah Shearwall dan Penamaanya	154
Gambar 4.38 Diagram Interaksi Shearwall.....	158
Gambar 4.39 Denah Tiang Pancang Tipe 1	167
Gambar 4.40 Momen Positif dan Momen Negatif Poer Tipe 1	175
Gambar 4.41 Diagram Interaksi Sloof terhadap beban aksial 10% tekan dari kolom.....	179
Gambar 4.42 Diagram Interaksi Sloof terhadap beban aksial 10% tarik dari kolom.....	179

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton Pracetak.....	8
Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior untuk U-Boot.....	25
Tabel 3.2 Nenam Mati Berdasarkan PPIUG 1983.....	26
Tabel 3.3 Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727:2013.....	27
Tabel 3.4 Koefisien Cu.....	30
Tabel 3.5 Jadwal Penyelesaian Tugas Akhir	35
Tabel 4.1 Pembebanan Kolom Lantai Atap.....	61
Tabel 4.2 Pembebanan Kolom 1 Lantai.....	62
Tabel 4.3 Rekapitulasi Balok Tepi	64
Tabel 4.4 SD Lantai Apartemen.....	67
Tabel 4.5 SD Atap Apartemen	67
Tabel 4.6 Nilai Ss, S1, Fa, Fv, Sms, Sm1, SDS, SD1.....	68
Tabel 4.7 Perhitungan Manual Beban Gravitasi.....	73
Tabel 4.8 Rekapitulasi Pembebanan Beserta ETABS.....	74
Tabel 4.9 Partisipasi Massa.....	75
Tabel 4.10 Gaya Geser Dasar (V_i) dari ETABS	77
Tabel 4.11 Gaya Geser Dasar (V_i) Baru	77
Tabel 4.12 Batas Simpangan Gedung.....	78
Tabel 4.13 Kontrol Simpangan Antar Lantai.....	79
Tabel 4.14 Kontrol Sistem Ganda	80
Tabel 4.15 Rekapitulasi Nilai Momen dari ETABS	81
Tabel 4.16 Nilai Vu Muka Kolom Interior	91
Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan Vc Muka Kolom Interior..	92
Tabel 4.18 Nilai Vu Muka Kolom Eksterior	93
Tabel 4.19 Rekapitulasi Perhitungan Vc Muka Kolom Eksterior	94
Tabel 4.20 Nilai Vu Muka Drop Panel.....	94

Tabel 4.21 Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Drop Panel	96
Tabel 4.22 Nilai V_u dan μ Pada Muka Kolom Interior	97
Tabel 4.23 Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Muka Kolom Interior.....	98
Tabel 4.24 Nilai V_u dan μ Muka Kolom Eksterior	98
Tabel 4.25 Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Muka Kolom Eksterior	100
Tabel 4.26 Nilai V_u dan μ Pada Muka Drop Panel	100
Tabel 4.27 Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Muka Kolom Interior.....	102
Tabel 4.28 Rekapitulasi Nilai Momen dari ETABS	105
Tabel 4.29 Analisa Gaya Dalam Balok Tepi	131
Tabel 4.30 Perhitungan Mpr Balok Induk	140
Tabel 4.31 Beban Pada Pile Cap Tipe 1	161
Tabel 4.32 Beban Pada Pile Cap Tipe 2	161
Tabel 4.33 Beban Pada Pile Cap Tipe 3	162
Tabel 4.34 Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	165
Tabel 4.35 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 1	169
Tabel 4.36 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 2.....	169
Tabel 4.37 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 3.....	169
Tabel 4.38 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 1	172
Tabel 4.39 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 2	172
Tabel 4.40 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 3	172

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya adalah kota terbesar kedua setelah Jakarta. Menurut Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil kota Surabaya pada awal tahun 2019 jumlah penduduk mencapai 3,095 juta jiwa dan akan terus meningkat, belum termasuk urbanisasi penduduk yang masuk ke kota Surabaya. Dengan banyaknya jumlah penduduk yang ada dan terus meningkat, maka kebutuhan akan sarana prasarana untuk memfasilitasi penduduk seperti pembangunan gedung tingkat tinggi yang semakin banyak layaknya apartemen dan perkantoran. Di tahun 2019 sudah ada pengajuan izin mendirikan bangunan (IMB) sebanyak 16 gedung tingkat tinggi ke Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Pemukiman Cipta Karya dan Tata Ruang (DPRKPKTR). Untuk itu dibutuhkan metode pembangunan yang relatif cepat dan efisien tanpa mengurangi kualitas struktur.

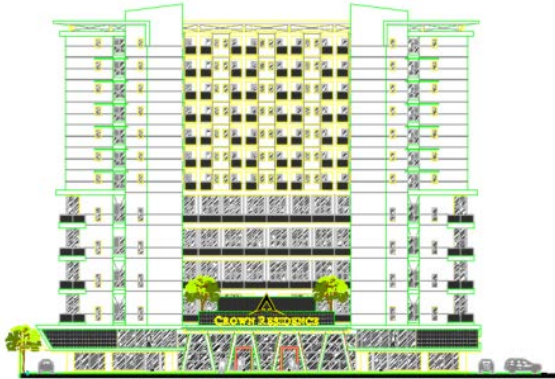
Dalam rangka mempersingkat durasi proyek terdapat beberapa metode pelaksanaan untuk membangun gedung tingkat tinggi. Beton pracetak (*precast*) adalah elemen struktur beton yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur yang tinggal dipasang (SNI 2847, 2013), jika dibandingkan dengan metode cor di tempat (*cast in site*), dari segi waktu beton pracetak lebih cepat dibuat, karena tidak perlu menunggu beton sampai memenuhi mutu yang diinginkan baru bisa melanjutkan tahap selanjutnya, dari segi kualitas memiliki mutu yang seragam dan terjamin karena pembuatannya tidak dipengaruhi faktor lingkungan, dari segi pemasangan lebih praktis karena tidak memerlukan bekisting, dan tidak memerlukan pekerja yang banyak, dengan itu jadwal pemasangan sampai akhir dapat diprediksi lebih akurat (Afifudin & Rani, 2018). Metode *flat slab* merupakan salah satu alternatif karena mengurangi tinggi ruang bebas ruangan dengan menghilangkan balok. *Flat slab* merupakan suatu elemen struktur beton bertulang dua arah, yang menerima beban vertikal dan

horizontal dan mentransfer beban tersebut langsung ke kolom, tanpa girder (Lapi et al., 2019). Dari metode *flat slab* dikembangkan beberapa inovasi untuk menghemat penggunaan material beton seperti memberi rongga-rongga pada pelat (*Voided Slab*) akan mengefisiensi metode konstruksi yang dapat mengurangi beban mati dan beban sendiri terhadap beton (Na et al., 2019).

Seiring perkembangan teknologi dibidang struktur saat ini, sebuah bangunan tidak dilihat dari segi kekuatan saja, namun juga memperhatikan efisiensi material yang digunakan agar tidak memakan biaya yang lebih dan tidak melupakan keindahan maupun estetika dari arsitektural bangunannya. *Bubble Deck* adalah inovasi metode *voided slab* dengan mengisi rongga-rongga tersebut dengan bola plastik dengan kepadatan tinggi (*high density polyethylene hollow spheres*) yang mana dapat menghemat biaya 30 - 50% jika dibandingkan dengan pelat beton yang solid, dengan itu dapat memperluas bentang dengan elemen pendukung yang lebih sedikit (Terec & Terec, 2013). *U-Boot* Beton juga inovasi dari metode *voided slab* yang mirip dengan *bubble deck* namun memiliki rongga yang lebih siku. Dengan adanya rongga yang lebih siku beton yang ada di pelat membentuk pola balok "I" (*grid of orthogonal beams*). (Joseph, 2016). Penggunaan material beton dapat dihemat dengan 1 Kg daur ulang plastiknya dapat menggantikan 100 Kg beton, pengurangan material ini dapat mempercepat waktu pengerjaan menjadi lebih singkat, selain itu pengurangan beban mati sampai 50% yang mana dapat mengurangi ukuran pondasi (Churakov, 2014).

Perilaku struktur *flat slab* mampu menerima beban sendiri dengan baik, namun dengan frame tersebut untuk gedung tingkat tinggi *flat slab* rentan terhadap beban lateral, terutama pada daerah yang memiliki zona gempa yang tinggi, struktur *flat slab* ini masih belum mampu menopang beban lateral sendiri, maka dari itu struktur tersebut harus dikombinasikan dengan penahan geser seperti dinding geser (*shear wall*) sehingga beban lateral gempa

yang terjadi dapat diterima oleh dinding gesernya (Chung et al., 2018).



Gambar 1.1 Tampak Amega Crown Residence Surabaya

Gedung Apartemen Amega Crown Residence terdiri dari 12 lantai dan 2 lantai parkir menggunakan struktur beton bertulang biasa dan metode pelaksanaan yang konvensional atau pengecoran di tempat (*cast in site*). Untuk mengefisiensi biaya penggunaan material dan waktu tanpa mengurangi kualitas struktur, penulis akan memodifikasi Gedung Apartemen Amega Crown Residence menggunakan U-Boot pada *flat slab* untuk menghemat material dan kolom pracetak untuk mempermudah pelaksanaan serta berharap perencanaan modifikasi ini dapat diterapkan pada proyek lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan ulang gedung Apartemen Amega Crwon Residence Surabaya dengan menggunakan metode pracetak dan U-Boot?

1.2.2 Rincian Permasalahan

Detail masalah yang akan ditinjau pada perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* bangunan, struktur primer dan sekunder yang sesuai dalam perencanaan struktur.
2. Bagaimana perhitungan pembebanan setelah perencanaan struktur.
3. Bagaimana cara memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu ETABS.
4. Bagaimana merencanakan struktur sekunder.
5. Bagaimana merencanakan dimensi dari U-Boot.
6. Bagaimana merencanakan dimensi dari kolom yang merupakan beton pracetak.
7. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen struktur agar tahan beban gempa.
8. Bagaimana cara menentukan pondasi dari struktur yang mampu menahan beban dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda.
9. Bagaimana menyampaikan gambar teknik dari hasil perhitungan struktur.

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Utama

Tujuan utama merencanakan ulang gedung Apartemen Amega Crown Residence Suraaya adalah mampu merencanakan dan menetapkan metode beton pracetak dan U-Boot *slab* dalam pembangunan seluruh komponen struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.3.2 Tujuan Detail

Tujuan detail perencanaan modifikasi Apartemen Amega Crown Residence adalah:

1. Menentukan *preliminary design* bangunan, struktur primer dan sekunder yang sesuai dalam perencanaan struktur.
2. Menghitung pembebanan setelah perencanaan struktur.
3. Mendapatkan hasil dari analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS.

4. Menentukan dimensi dan tulangan struktur sekunder.
5. Menentukan dimensi dan tulangan dari U-Boot *slab*.
6. Menentukan dimensi dan tulangan dari elemen kolom pracetak.
7. Menentukan metode sambungan dari elemen-elemen pracetak yang tahan gempa.
8. Menentukan pondasi dari struktur yang mampu menahan beban dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda.
9. Dapat menyampaikan gambar teknik dari hasil perhitungan struktur.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan gedung Apartemen Amega Crown Residence adalah:

1. Perencanaan elemen struktur pracetak hanya pada kolom.
2. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi elemen struktur dan segi analisis anggaran biaya.
3. Tidak menghitung dinding penahan tanah pada struktur bawah.
4. Perencanaan tidak meninjau segi *electrical* dan *plumbing*.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari perancangan gedung Apartemen Amega Crown Residence Surabaya yaitu mendapatkan alternatif desain pada pembangunan Gedung Amega Crown Residence Surabaya dengan U-Boot pada *flat slab* dan kolom pracetak dapat dibuktikan metode ini dapat mengurangi penggunaan material beton tanpa mengurangi mutu dari bangunan tersebut dan serta dapat menjadi rujukan bagi pembaca tentang pembangunan dengan metode beton pracetak dan U-Boot.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

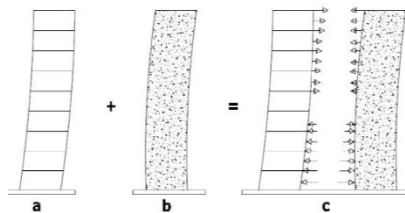
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas dasar teori dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan perencanaan gedung apartemen secara khusus dengan menggunakan U-Boot dan beton pracetak secara umum.

2.2 Sistem Struktur Gedung

Terdapat beberapa sistem struktur secara umum yang digunakan untuk perencanaan gedung, antara lain sistem rangka pemikul momen, sistem dinding struktural, dan sistem ganda. Perencanaan struktur juga disesuaikan dengan zona gempa lokasi gedung tersebut. Pada perencanaan modifikasi ini Gedung Apartemen Amega Crown Surabaya menggunakan sistem ganda. Sistem ganda adalah gabungan antara sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding struktural. Beban lateral yang disebabkan oleh gempa dipikul oleh kedua sistem tersebut.



Gambar 2.1 Interaksi antara sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding
(Sumber : Krismahadi & Wahyuono, 2013)

Kemampuan yang tinggi dalam memikul gaya geser pada sistem gabungan antara portal dengan dinding geser disebabkan adanya interaksi antara keduanya. Interaksi tersebut terjadi karena kedua sistem tersebut mempunyai perilaku *flexural / bending mode*, sedangkan portal akan berdeformasi dalam *shear mode*,

dengan demikian, gaya geser dipikul oleh portal pada bagian atas dan dinding geser memikul gaya geser pada bagian bawah.

2.3 Beton Pracetak

Pada saat ini sudah sering dijumpai proyek bangunan yang menggunakan beton pracetak, beton peacetak sendiri tidak berbeda jauh dengan beton cor di tempat, hanya saja beton pracetak dibuat terlebih dahulu di pabrik lalu dipasang di lokasi proyek. Sehingga Keunggulan dan kelemahan beton pracetak dalam proyek konstruksi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton Pracetak

Kelebihan	Kekurangan
Pekerjaan di lapangan menjadi lebih praktis	Diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan
Produksinya hampir tidak dipengaruhi oleh cuaca	Dibutuhkan peralatan atau alat-alat berat dengan kapasitas yang cukup untuk mengangkat komponen struktur dan menempatkannya pada posisi tertentu
Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan sebagian dari bangunan dan kemudian digabung dengan komponen-komponen beton pracetak	Diperlukan lahan yang luas untuk proses produksi dalam jumlah yang besar
Aspek kualitas, dimana beton dengan mutu prima dapat mudah dihasilkan dalam lingkungan pabrik	Hanya cocok untuk bangunan yang menggunakan komponen yang sejenis (<i>typical</i>) atau berulang (<i>repetitive</i>)
Mampu mereduksi biaya konstruksi	Kerusakan mungkin timbul selama proses transportasi

Dapat dihasilkan bangunan dengan dimensi dan mutu yang lebih baik	
Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat	
Banyak mengurangi <i>formwork</i> dilapangan, yang berarti juga mengurangi limbah konstruksi	
Mengurangi penggunaan tenaga kerja	
Mengurangi penggunaan <i>scaffolding</i>	

(Sumber : Sarwendah & Dewi, n.d., 2011)

2.4 Elemen Pracetak

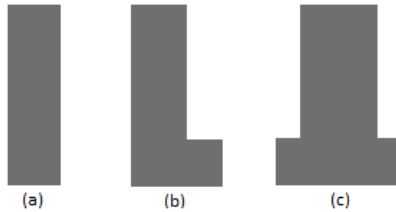
Elemen pracetak bisa juga diartikan sebagai suatu proses produksi elemen struktur bangunan pada suatu tempat atau lokasi yang berbeda dengan lokasi dimana elemen struktur tersebut akan digunakan. Teknologi pracetak ini dapat diterapkan pada berbagai jenis material, yang salah satunya adalah material beton.

2.4.1 Balok

Balok merupakan elemen horizontal struktur yang bentuk dan dimensinya bergantung pada bentang dan beban-beban yang diterimanya. Beban-beban yang diterima balok akan disalurkan ke kolom, beban yang bekerja juga menyebabkan balok mengalami tekan dan tarik., dan juga dapat menimbulkan lendutan pada balok. Lendutan yang terjadi pada balok tidak boleh melebihi dari syarat yang telah diizinkan di peraturan-peraturan yang sudah berlaku. Tipe-tipe balok:

- a. Balok Persegi (*Rectangular Beam*)
- b. Balok L (*L-Sheaped Beam*)

c. Balok T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)



Gambar 2.2 Penampang Balok, (a) Balok Persegi, (b) Balok I. (c) Balok T terbalik

(Sumber: *Precast/Prestressed Concrete Institute*)

2.4.2 Kolom

Kolom merupakan elemen struktur bangunan vertikal yang mempunyai fungsi untuk meneruskan beban dari lantai-lantai di atasnya, dimana didominasi gaya normal yang bekerja maka secara teknis kolom dapat diproduksi secara pracetak. Kolom pracetak dapat diproduksi tanpa menyambung (kolom setinggi bangunan yang direncanakan) atau dengan sambungan (dilakukan penyambungan diantara tinggi bangunan). Untuk bangunan dengan ketinggian di bawah 30 meter, penggunaan kolom menerus tanpa sambungan masih dimungkinkan sedangkan untuk yang di atas 30 meter sebaiknya digunakan kolom dengan sambungan. (Erviyanto, 2006)

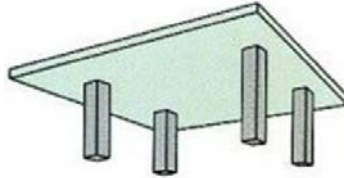
2.4.3 Pelat

Pelat (*slab*) merupakan suatu elemen horizontal struktur yang berfungsi untuk menahan beban-beban lalu menyalurkannya ke balok. Penentuan tebal dari pelat bervariasi tergantung dari bentang dan beban yang akan diterima. Di gedung, *slab* merupakan salah satu komponen struktur yang mengkonsumsi beton terbesar. Adapun jenis pelat yang bisa digunakan, yaitu:

a. *Flat Slab*

Flat Slab adalah konstruksi pelat beton bertulang tanpa balok yang sering digunakan dewasa pada konstruksi

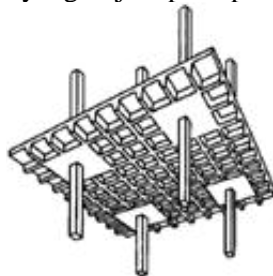
beton bertulang pada bangunan, seperti kantor, tempat tinggal, atau fasilitas industry lainnya dengan tinggi menengah (*medium-rise office*) karena efisiensi dari rasio bentang/tebal (*span/depth/ratios*) dan segi ekonomis karena mengurangi tinggi lantai.



Gambar 2.3 Penampang *Flatslab*
(Sumber: Prawira, 2017)

b. *Waffle Slab*

Pelat bersusuk dua arah (*waffle slab*) yaitu kumpulan balok T yang saling menyilang dan menyatu pada bidang horizontal dimana gaya-gaya dominan yang bekerja adalah tegak lurus terhadap bidang tersebut dan titik hubung balok T ini bersifat kaku. Pada umumnya *waffle slab* menggunakan bahan dari beton bertulang dengan ketebalan yang tipis dan pemakaian besi tulangan yang cukup hemat pada pelatnya dikarenakan *waffle slab* ini memiliki kekakuan yang relative besar pada pelat sehingga lendutan yang terjadi pada pelat relatif kecil.



Gambar 2.4 Ilustrasi *Waffleslab*
(Sumber :Susanti, Youlanda, & Winaya, 2016)

c. *Hollow Core Slab*

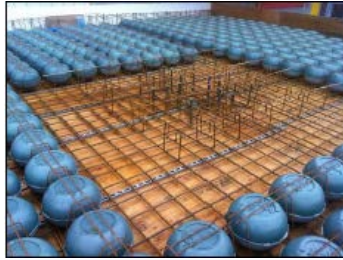
Hollow Core Slab (HCS) adalah komponen dari struktur beton bertulang pracetak yang mempunyai rongga satu arah berupa lubang-lubang yang terbagi rata sepanjang bentang pelat. Biasanya HCS dicetak saat fabrikasi dan ditambah elemen prategang, sehingga pada kondisi tersebut pelat akan memiliki berat relatif ringan dan mempunyai kekuatan yang cukup.



Gambar 2.5 Penampang *Hollow Core Slab*
(Sumber: Al-shaarbaf, Azzawi, & Abdulsattar, 2019)

d. *Cobiax Slab*

Sistem *Cobiax Slab* merupakan inovasi dari HCS yaitu pada *Cobiax* ini memiliki rongga dua arah pada sistem *slab* atau yang biasa disebut dengan *Biaxial Hollow Slab* (BHS) untuk membuat cetakan-cetakan rongga 2 arah tersebut sudah tersedia dalam beberapa bentuk standar salah satunya *cobiax slab*. *Slab* berongga di dalam beton memiliki tujuan meringankan struktur bangunan. Berbentuk elips dan bola yang berasal dari bahan plastik yang dipasang pada tulangan *mesh* pada bagian atas dan bawahnya sebagai penguat.



Gambar 2.6 Pemasangan Sistem *Cobiax*
(Sumber: Churakov, A. 2014)

2.5 U-Boot

U-Boot adalah elemen modular yang terbuat dari daur ulang plastik yang digunakan untuk membuat rongga-rongga pada struktur plat beton bertulang dengan maksud agar beban mati pelat menjadi ringan. Rongga-rongga pada sistem U-Boot ini selain meringankan berat sendiri pelat, tetapi juga memiliki kelebihan dari segi arsitektur, yakni lebih tahan terhadap api dan dapat mereduksi suara (Cobiax Technologies AG). Bentuk U-Boot menciptakan bentuk grid orthogonal balok "I", sehingga perhitungan tulangan menjadi sederhana dengan menggunakan peraturan misalnya Eurocode, British Standards (Churakov, 2014).



Gambar 2.7 U-Boot Tipe *Double*
(Sumber: Churakov, A. 2014)



Gambar 2.8 Pemasangan U-Boot Tipe *Single*
(Sumber: U-Boot Beton)

Adapun keunggulan-keunggulan apabila menggunakan I-Boot adalah:

- a. Tidak ada balok interior antar pilar
- b. Mengurangi *Headroom*
- c. Mengurangi berat total dari struktur
- d. Memungkinkan untuk menambah jumlah lantai
- e. Memiliki bentang yang luas bagus untuk fleksibilitas interior
- f. Kolom lebih sedikit karena pelat lebih ringan
- g. Mengurangi jumlah dan kedalaman pondasi
- h. Tahan terhadap Api

2.6 Sambungan Beton Pracetak

Sambungan merupakan komponen yang penting pada sistem pracetak, yaitu untuk menghubungkan satu elemen struktur dengan elemen struktur lainnya dan menyalurkan gaya-gaya yang terjadi antar elemen sampai ke pondasi. Terdapat dua jenis sambungan pada beton pracetak yaitu:

- Sambungan Basah (*Wet Joint*):

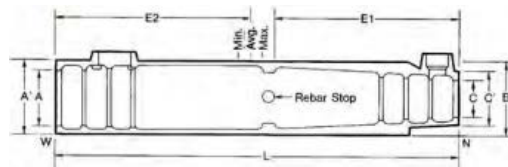
Sambungan yang menggunakan metode cor di tempat sehingga tulangan beton satu dengan lainnya dapat menyatu secara monolit.

- Sambungan Kering (*Dry Joint*):

Sambungan antara beton pracetak satu dengan lainnya menggunakan pelat besi yang dibaut atau dilas.

2.6.1 NMB Splice Sleeve

NMB Splice Sleeve merupakan salah satu jenis sambungan basah, produk ini adalah sambungan mekanis yang terbuat dari baja berbentuk silinder. Tulangan penguat yang menggunakan selongsongan baja berbentuk silinder (*sleeve*) lalu nantinya akan di-*grouting* menggunakan *SS Mortar*. Sambungan akan mempunyai kekuatan yang sesuai dengan ACI 318-14 atau ASTM A536-84.



Gambar 2.9 Ilustrasi Dimensi NMB Splice Sleeve

2.7 Dinding Geser

Dinding geser adalah elemen struktur vertikal pada bangunan tinggi yang berguna untuk menahan beban lateral seperti gaya gempa dan angin. Dinding geser mampu menahan beban lateral dikarenakan dinding ini meningkatkan daktilitas dan kekakuan struktur dari suatu bangunan. Hal ini akan menahan atap dan juga lantai atas dari goyangan kesamping yang berlebihan, dengan itu mampu meredam deformasi pada gempa bumi sedang terjadi. Oleh karena itu dinding geser komponen yang penting pada bangunan bertingkat tinggi dengan kemampuannya yang cukup dalam menahan beban lateral yang terjadi. (sembiring, 2017).

2.8 Pondasi

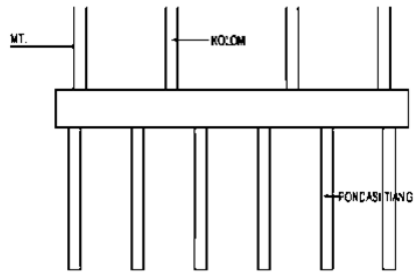
Pondasi merupakan struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi untuk menahan beban-beban yang ada di atasnya. Dalam perencanaan pondasi pada suatu struktur dapat

digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas yang akan dipikul, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, kondisi tanah dimana lokasi bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut lalu meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Terdapat dua golongan pondasi yang biasa digunakan yaitu jenis pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan berbandingan kedalaman dan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pada tugas akhir ini akan digunakan pondasi dalam berupa tiang pancang. Pondasi tiang pancang adalah jenis pondasi yang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang pancang yang digunakan adalah tipe spun pile, spun piles adalah pile pracetak dan prategang dengan hollow dimana ukuran diameter terluarnya sekitar 300 sampai 1200 mm yang difabrikasi terlebih dahulu dengan metode prategang (Irawan et al., 2015).



Gambar 2.10 Pondasi Dalam Tiang Pancang
(Sumber : Sastrodarsono, Suyono; Nakazawa, 1994)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

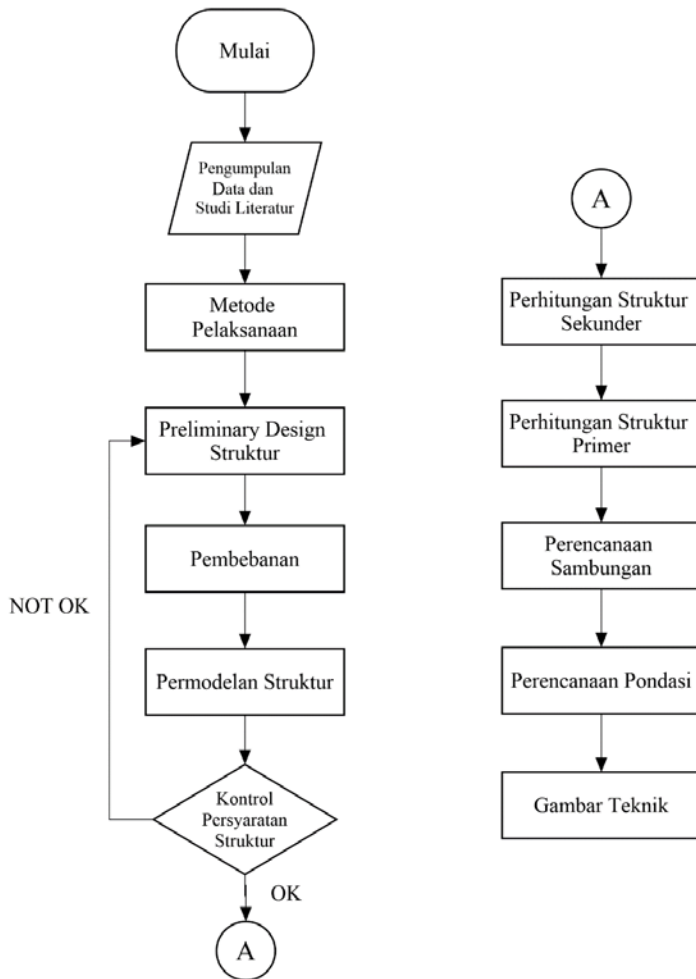
BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Gedung Apartemen Amega Crown Residence Surabaya direncanakan dengan U-Boot pada *flat slab* dan kolom pracetak tentunya memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data dan diakhiri dengan hasil gambar teknik.

3.2 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan

3.3 Pengumpulan Data

1. Data Umum

- Nama gedung : Apartemen Amega Crown Residence Surabaya
- Lokasi : Kp. Baru, Tambakoso, Kec. Waru, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
- Fungsi : Gedung tempat tinggal
- Jumlah lantai : 12 Lantai unit dan 2 lantai parkir (2 tower)
- Tinggi bangunan : 45.75 m
- Struktur utama : Beton bertulang

2. Data Bahan

- Kekuatan tekan beton (f_c') : -
- Tegangan leleh baja (f_y) : -
- Data tanah : Lampiran

3. Data Gambar

- Gambar struktur : Lampiran
- Gambar arsitektur : Lampiran

Dari data lapangan tersebut gedung akan dimodifikasi menggunakan kolom pracetak dan U-Boot. Data bangunan yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Data Umum

- Nama gedung : Apartemen Amega Crown Residence Surabaya
- Lokasi : Kp. Baru, Tambakoso, Kec. Waru, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
- Fungsi : Gedung tempat tinggal
- Jumlah lantai : 14 lantai (1 tower)
- Tinggi bangunan : 56 m
- Struktur utama : Beton pracetak

2. Data Bahan

- Kekuatan tekan beton (f_c') : 40 Mpa
- Tegangan leleh baja (f_y) : 400 Mpa

- Data tanah : Lampiran
- 3. Data Gambar
 - Gambar struktur : Lampiran
 - Gambar arsitektur : Lampiran

Beberapa literatur dan peraturan yang dipakai antara lain:

1. Badan Standardisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
2. Badan Standardisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
3. Badan Standardisasi Nasional. 2012. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)
4. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG, 1987)
5. PCI Handbook 6th Edition. Precast and Prestress Concrete.
6. ACI 318M-14. (PPIUG, 1987) Building Code Requirements for Structural Concrete.

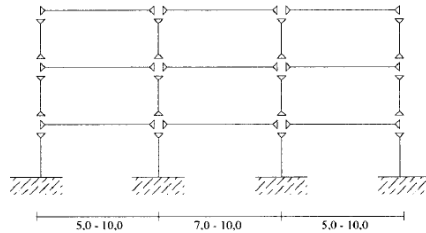
3.4 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu mengetahui apakah struktur yang dirancang dapat direalisasikan. Metode pelaksanaan merupakan penjelasan mengenai sistem yang dipakai dan proses pelaksanaan beton pracetak mulai dari proses transportasi sampai proses pemasangan.

3.4.1 Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan adalah sistem struktur rangka dengan kolom sambungan, dimana sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Sistem struktur ini sesuai untuk

bangunan gedung dengan ketinggian antara 1 meter sampai 60 meter.



Gambar 3.2 Sistem Struktur Rangka dengan Kolom Sambungan Setiap Lantai

3.4.2 Sistem Transportasi

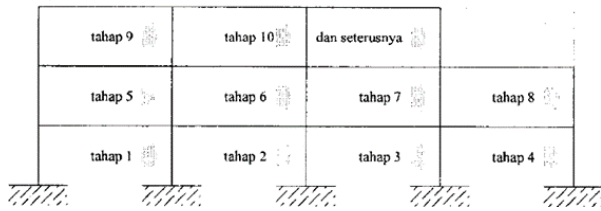
Sistem transportasi dalam perencanaan ini meliputi:

- Pemindahan beton pracetak di area pabrik.
- Penundahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
- Pemindahan dari penampungan sementara di prtek ke posisi akhir.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke area proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Peralatan yang digunakan untuk memindahkan komponen pracetak dari mode transportasi ke stock yard adalah tower crane.

3.4.3 Metode *Erection*

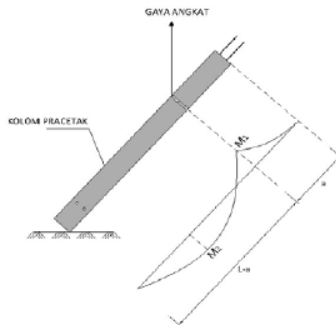
Metode *erection* merupakan proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan yang utuh. Metode ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode *erection* vertikal dan metode *erection* horizontal. Metode *erection* horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai dari dasar.



Gambar 3.3 Metode Ereksi Horizontal

3.4.4 Pengangkatan Elemen Pracetak

Dalam Dalam memasang kolom pracetak hal yang harus diperhatikan adalah saat kolom pracetak dalam kondisi miring, karena hal tersebut membuat momen pada bentang kolom.



Gambar 3.4 Pengangkatan Kolom Pracetak

3.5 Preliminary Design

Pada tahap ini direncanakan desain awal, mutu, dan dimensi material yang akan digunakan untuk tahapan perhitungan selanjutnya.

3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Tebal minimum ditentukan berdasarkan Pasal 9.5.3.2 SNI 2847-2013 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior untuk U-Boot

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Tanpa penebalan ²			Dengan penebalan ²		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
²Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
³Pelat drop didefinisikan dalam 13.2.5.
⁴Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Dimana:

L_n = Panjang bentang bersih

3.5.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Untuk perenvanaan awal dari dimensi kolom, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$A = \frac{W}{\phi x f_c'} \quad (3.1)$$

Dimana:

A = Luas penampang kolom

W = Beban Aksial yang Diterima

f_c' = Kuat tekan beton

3.5.3 Perencanaan Balok Tepi

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

$$h = \frac{l}{16} x \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad (3.2)$$

$$b = \frac{2}{3} h \quad (3.3)$$

Dimana:

l = panjang balok (mm)

h = tinggi balok (mm)

b = lebar balok (mm)

3.5.4 Perencanaan Dinding Geser (*Shearwall*)

Tebal minimum dinding pendukung pada SNI-2847-2013 pasal 14.5.3 tidak boleh lebih kecil dari 100 mm dengan memperhatikan beberapa hal berikut:

1. Tebal dinding pendukung tidak boleh lebih kecil dari $1/25$ tinggi dinding yang ditopang secara lateral
2. Tebal dinding pendukung tidak boleh lebih kecil dari $1/25$ panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral

3.6 Pembebanan

Menurut karakteristik beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis, beban statis dan dinamis.

3.6.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus menerus pada struktur dan mempunyai sifat tetap.

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang permanen, termasuk dinding, lantai, atap, tangga, plafon, *finishing*, dan komponen structural dan arsitektural lainnya.

Tabel 3.2 Nenam Mati Berdasarkan PPIUG 1983

Beban Mati	Beban (kg/m²)
Beton bertulang	2400
Dinding pasangan bata ringan Hebel 60 x 20 x 10	65
Tegel	24
Spesi per cm tebal	21
<i>Ducting + Plumbing</i>	30

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi.

Tabel 3.3 Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727:2013

Penggunaan	Beban (kN/m ²)
Kantor	2,4
Ruangan kelas	1,92
Kodidor lantai pertama	4,79
Koridor di lantai pertama	3,83
Atap	0,96

3.6.2 Beban Dinamis

Beban dinamis terdiri dari beban gempa dan beban angin.

a. Beban Gempa

Perencanaan beban gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, dimana pengaruh pada struktur disalurkan langsung semua ke pusa massa bangunan (*center of mass*). Gaya lateral gempa diakibatkan oleh gempa didapatkan dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi yang telah dihitung sesuai SNI 1726:2012. Analisis beban gempa meliputi:

- Penentuan Respon Spektrum
Menentukan S_{DS} , S_{D1} , T_0 dan T_s sesuai SNI 1726:2012 Nilai-nilai ini bergantung dari lokasi struktur yang akan ditinjau. Lalu menggambarkan kurva respon spektrumnya.
- Responn Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.4)$$

(Pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012)

Dimana:

S_{D1} = percepatan spectrum respons desain dalam rentan periode 1 detik

- T = Periode
 R = Faktor modifikasi respons
 I = Faktor keutamaan hunian

- Gaya Gempa Lateral

$$F_x = C_{vx} \times W \quad (3.5)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.6)$$

(Pasal 7.8.3 SNI 1726:2012)

Dimana:

F_x = Gaya gempa lateral (kN)

W = Berat seismic efektif total struktur (kN)

w_i dan w_x = Bagian berat seismic efektif total struktur yang ditempatkan atau dikekanakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)

k = Eksponen terkait dengan periode struktur sebagai berikut:

untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, maka $k=1$

untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau lebih, maka $k=2$

untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2m5 detik, maka k harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

b. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727 – 2013 Pasal 27.2.1 Parameter beban angin yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut:

- Kecepatan angin dasar, V (pasal 26.5)
- Faktor arah angin, K_0 (pasal 26.6)
- Kategori eksposur (Pasal 26.7)
- Faktor topografi, K_{zt} (Pasal 26.8)

- Faktor efek tiupan angin (26.9)
- Klasifikasi ketertutupan (26.10)
- Koefisien tekanan internal (Pasal 26.11)

3.6.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 9.2.1 yaitu:

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

Dimana:

U = Beban Ultimate

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

E = Beban Gempa

3.7 Permodelan Persyaratan Struktur

Permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS / SAP 2000 untuk mendapatkan gaya dalam yang bekerja pada tiap elemen struktur. U-Boot sendiri tidak bisa dimodelkan sebagai pelat biasa. U-Boot pada awalnya dimodelkan seperti *flat slab* terlebih dahulu pada ETABS / SAP2000, lalu memasukkan nilai faktor modifikasi berat dan kekakuan yang didapatkan dengan membandingkan berat dan kekakuan U-Boot dengan *solid slab*. Model harus memenuhi tahap kontrol permodelan struktur agar dapat digunakan untuk perhitungan.

3.8 Kontrol Persyaratan Struktur

3.8.1 Kontrol Partisipasi Masa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, analisis 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 aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

3.8.2 Kontrol Perioda Fundamental Struktur

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.2, perioda fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari tabel 14 pada SNI 1726:2012 dan perioda fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 SNI 1726:2012. Sebagai alternatif dalam menganalisis untuk menentukan perioda fundamental struktur T , diijinkan menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , oleh karena itu pada pasal 7.8.2.1 SNI 1726:2012, $T_a < T < C_u \times T_a$

$$T_a = C_n \times h_n^x \quad (3.7)$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)

Di mana:

h_n = Ketinggian struktur (m)

C_t = 0,0466 (Koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726:2012)

x = 0,9 (Koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726:2012)

Tabel 3.4 Koefisien C_u

SD₁	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

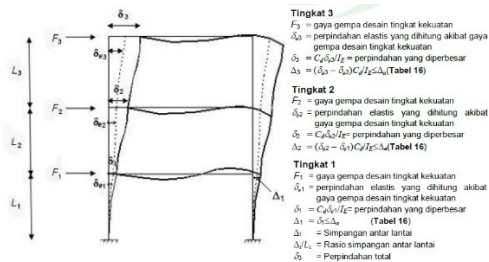
3.8.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Menurut 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 arah 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 ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85(V/V_t)$.

3.8.4 Kontrol Drift

Menu rut 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. Jika desain tegangan ijin digunakan, Δ defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.



Gambar 3.5 Perhitungan Simpangan Antar Lantai
(Sumber: SNI 1726-2012)

3.9 Perencanaan Struktur Sekunder

3.9.1 Tangga

Perencanaan desain awal tangga adalah dengan mencari lebar dan tinggi injakan dari anak tangga, dan memenuhi persyaratan berikut:

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \quad (3.8)$$

Dimana:

t = Tinggi Injakan

i = Lebar Injakan

Perhitungan penulangan pelat bordes dan tangga sama dengan perhitungan penulangan pelat biasa dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol).

3.9.2 Lift

Perencanaan lift disesuaikan dengan jumlah lantai dan perkiraan jumlah penggunaan lift. Perhitungan dilakukan dengan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift sehingga perencanaan meliputi balok penumpu depan dan penumpu belakang.

3.10 Perencanaan Struktur Primer

3.10.1 Pelat

Perencanaan tulangan dari U-Boot hampir sama dengan perencanaan penulangan balok pada umumnya, dengan menghitung tulangan per 1 meter lebar pelat ($b = 1 \text{ m}$). Untuk menghitung tulangan pelat, sebelumnya diperlukan nilai dari momen maksimum yang terjadi pada pelat yang didapatkan dari permodelan struktur sebelumnya.

3.10.2 Kolom

Penulangan pada kolom menggunakan program bantu SPColumn / PCACOL. Gaya yang telah didapatkan dari program bantu SAP2000 / ETABS dijadikan input pada program bantu SPColumn / PCACOL. Penulangan pada kolom harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2 termasuk persyaratan *Strong Column Weak Beam* pada pasal 21.6.2.2.

3.10.3 Balok

Komponen balok sebagai rangka pemikul momen selain bertugas menerima beban gravitasi mati dan hidup, balok induk ini juga menerima beban akibat gaya gempa yang terjadi. Perancangan penulangan balok mengacu pada SNI 2847- 2013 pasal 21 mengenai ketentuan khusus untuk perencanaan gempa.

3.10.4 Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013, desain penampang yang dikenai gaya geser harus didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s = 0,83 \times \sqrt{f'_c} \times h \times d \quad (3.8)$$

V_c = nilai terkecil dari:

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f'_c} h d + \frac{N_u d}{4 l_w}, \text{ atau} \quad (3.9)$$

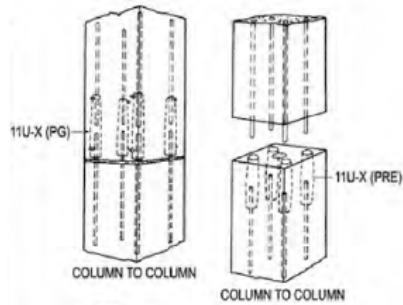
$$V_c = 0,5 \lambda \sqrt{f'_c} + \frac{l_w (0,1 \lambda \sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w h})}{\frac{M_u l_w}{V_u z}} \quad (3.10)$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \quad (3.11)$$

3.11 Perencanaan Sambungan

3.11.1 Sambungan *Base Plate* – Kolom dan Kolom – Kolom

Metode sambungan menggunakan produk coupler sleeve dari NMB Splice Sleeve. Setelah dilakukan pemancangan, tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran *pile cap*. Pada sambungan antar kolom dengan dimensi berbeda hampir sama dengan sambungan antar kolom dengan dimensi yang sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yang berada di atasnya.



Gambar 3.6 Ilustrasi Sambungan Kolom-Kolom

3.12 Perencanaan Pondasi

Dalam merencanakan pondasi, diperlukan hasil perhitungan total beban struktur atas. Beban tersebut menjadi data awal dalam merencanakan jumlah tiang pancang yang akan dipakai. Secara detail, tahapan perencanaan pondasi adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung total beban yang diterima dari struktur atas,
- b. Mencari daya dukung tanah
- c. Menentukan banyaknya tiang pancang dan efisiensi dari pondasi grup tiang pancang,
- d. Merencanakan pile cap.

3.13 Gambar Teknik

Hasil dari analisis dan permodelan struktur digambarkan menggunakan program bantu AutoCAD.

3.14 Jadwal Penyelesaian Tugas Akhir

Agar dalam proses pengerjaan tugas akhir dapat terstruktur dan sistematis, maka dibuatlah jadwal kegiatan seperti berikut:

Tabel 3.5 Jadwal Penyelesaian Tugas Akhir

Kegiatan	Minggu															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pengumpulan data dan Studi Literatur	■	■														
Metode Pelaksanaan	■	■	■													
Preliminary Design Struktur			■	■	■											
Pembebanan				■	■	■	■	■	■							
Permodelan Struktur						■	■	■	■							
Kontrol Permodelan Struktur										■	■	■				
Perhitungan Struktur Sekunder										■	■	■				
Perhitungan Struktur Primer											■	■	■	■		
Perencanaan Sambungan												■	■	■		
Perencanaan Pondasi												■	■	■		
Gambar Teknik										■	■	■	■	■	■	■

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

4.1.1 Data Gedung

Perencanaan gedung Apartemen Amega Crown Residence Surabaya menggunakan U-Boot *slab* dan kolom pracetak. Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu:

- Tipe bangunan : Gedung tempat tinggal
- Lokasi : Surabaya
- Ketinggian Lantai 1 - 14 : 4 m
- Ketinggian Bangunan : 56 m
- Mutu Beton ($f'c$) : 40 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
- Data Tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir

4.1.2 Pembebanan

a. Beban Gravitasi

- Beban Mati
 - Beton bertulang : 2400 kg/m²
 - Dinding pasangan bata ringan
Hebel 60 x 20 x 10 : 65 kg/m²
 - Plafon + penggantung : 18 kg/m²
 - Tegel : 24 kg/m²
 - Spesi per cm tebal : 21 kg/m²
 - *Ducting + Plumbing* : 30 kg/m²
- Beban Hidup
 - Lantai atap : 96 kg/m²
 - Lantai apartement : 250 kg/m²

b. Beban Gempa

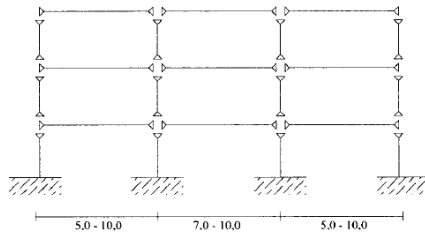
Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa mengacu pada SNI 1726:2012

4.2 Metode Pelaksanaan

Konstruksi gedung dengan beton pracetak merupakan metode konstruksi yang modern. Metode pelaksanaan dalam membangun struktur merupakan hal yang penting pada desain struktur pracetak. Metode pelaksanaan merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

4.2.1 Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan adalah sistem struktur rangka dengan kolom sambungan, dimana sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Sistem struktur ini sesuai untuk bangunan gedung dengan ketinggian antara 1 meter sampai 60 meter.



Gambar 4.1 Sistem Struktur Rangka dengan Kolom Sambungan Setiap Lantai

4.2.2 Sistem Transportasi

Sistem transportasi dalam perencanaan ini meliputi:

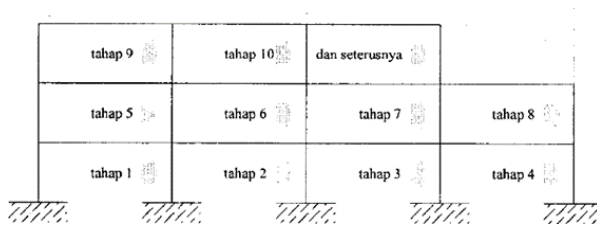
- Pemindahan beton pracetak di area pabrik.
- Penundahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
- Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi fabrikasi ke area proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Tuuk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4m x 16m atau 2,4m x 18m.

Peralatan yang digunakan untuk memindahkan komponen pracetak dari mode transportasi ke *stock yard* adalah tower crane.

4.2.3 Metode Erection

Metode *erection* merupakan proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan yang utuh. Metode ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode *erection* vertikal dan metode *erection* horizontal. Metode *erection* horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai dari dasar.



Gambar 4.2 Metode Erection Horizontal

4.2.4 Pengangkatan Elemen Pracetak

Dalam pengangkatan kolom pracetak menggunakan metode *Colift Mounting System* dari *Piecko*. Metode tersebut dipilih karena mudah dalam pengaplikasiannya di lapangan. Untuk menggunakan metode ini, terlebih dahulu elemen pracetak dilubangi dan akan dipasang *Mounting Shaft* pada lubangnya yang kemudian diangkat dengan sling menggunakan tower crane. Tower crane yang digunakan yaitu tipe Potain MR 160 C dengan beban maksimum 10 ton dan radius maksimum 50 m untuk mengangkat dimensi kolom 900 x 900 mm dengan tinggi 4 m (7,8 ton).

Berikut merupakan ilustrasi dari pengangkatan elemen pracetak menggunakan metode *Colift Mounting System*:



Gambar 4.3 Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pracetak

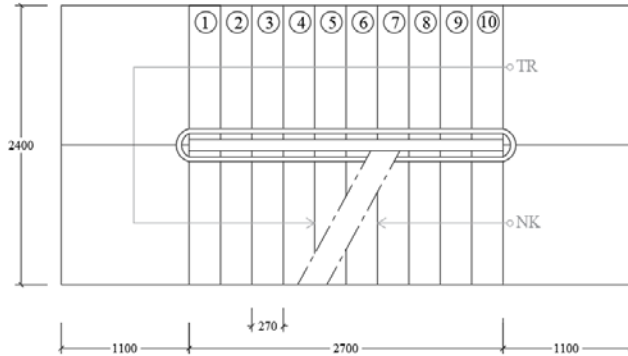
4.3 Perencanaan Struktur Sekunder

4.3.1 Perencanaan Tangga

4.3.1.1 Data Perencanaan

- Tinggi : 400 cm
- Tinggi injakan, t : 20 cm
- Lebar injakan, i : 27 cm
- Lebar tangga : 115 cm
- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Jumlah tanjakan : 11
- Jumlah injakan : 10
- Elevasi bordes : 200 cm
- Panjang bordes : 110 cm
- Lebar bordes : 240 cm
- Tebal bordes : 15 cm
- Panjang horizontal tangga : 270 cm
- Kemiringan tangga, α : $36,5^\circ$

Denah tangga yang direncanakan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Denah Tangga

Cek Syarat:

- $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 63 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$ (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 36,5^\circ \leq 40^\circ$ (OK)
- Tebal pelat anak tangga rata-rata
 $\frac{i}{2} x \sin \alpha = 8,2 \text{ cm}$
- Tebal pelat rata-rata
 $Tr = 15 + 8,2 \approx 23 \text{ cm}$

4.3.1.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

4.3.1.2.1 Pembebanan Pelat Tangga

- Beban Mati
 - Pelat tangga : $\frac{2400 \times 0,23 \times 1,15}{\cos 36,5} = 790 \text{ kg/m}$
 - Tegel : $2400 \times 0,01 \times 1,15 = 27,6 \text{ kg/m}$
 - Spesi 2 cm : $2100 \times 0,02 \times 1,15 = 48,3 \text{ kg/m}$
 - Railing : 73 kg/m
 - Q_D : $938,89 \text{ kg/m}$
- Beban Hidup
 - Q_L : $4,79 \text{ kN/m}^2 \times 1,15 = 561,52 \text{ kg/m}$

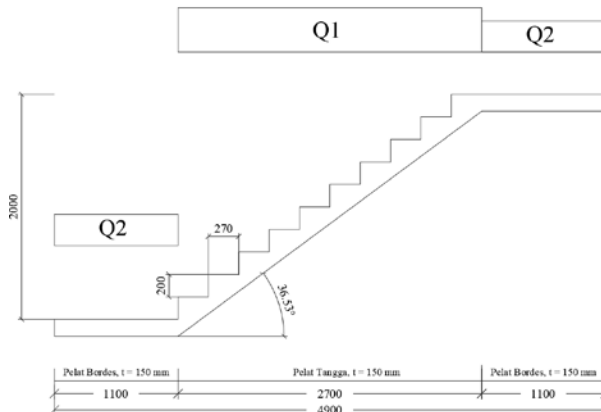
- Kombinasi
 Q_1 : $1,2 Q_D + Q_L$
: 2025,039 kg/m

4.3.1.2.2 Pembebanan Pelat Bordes

- Beban Mati
 - Pelat bordes : $2400 \times 0,15 \times 1,15 = 414 \text{ kg/m}$
 - Tegel : $2400 \times 0,01 \times 1,15 = 27,6 \text{ kg/m}$
 - Spesi 2 cm : $2100 \times 0,02 \times 1,15 = 48,3 \text{ kg/m}$ Q_D : 489,90 kg/m
- Beban Hidup
 Q_L : $4,79 \text{ kN/m}^2 \times 1,15 = 561,52 \text{ kg/m}$
- Kombinasi
 Q_2 : $1,2 Q_D + Q_L$
: 1486,31 kg/m

4.3.1.3 Perhitungan Gaya pada Tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan struktur statis tertentu dengan permisalan sendi-rol, dengan pembebanan yang dan output seperti berikut:



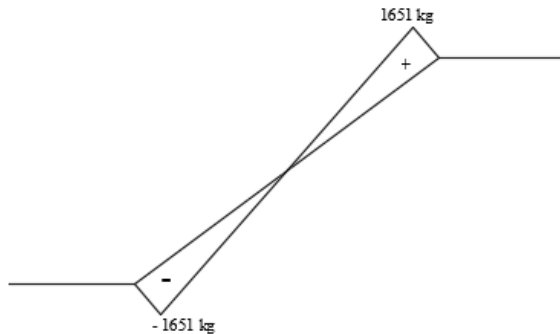
Gambar 4.5 Permodelan Tangga

4.3.1.3.1 Perhitungan Reaksi

- $\Sigma Ma = 0$
 $-4,9.Rd + Q2.0,5.1,1^2 + Q1.2,7.(2,7/2+1,1) + Q2.1,1.(1.1/2+3,8) = 0$
 $Rd = 4368,82 \text{ kg}$
- $\Sigma V = 0$
 $Ra + Rd - 2.Q2.1,1 - Q1.2,7 = 0$
 $Ra = 4368,82 \text{ kg}$

4.3.1.3.2 Perhitungan Gaya Dalam

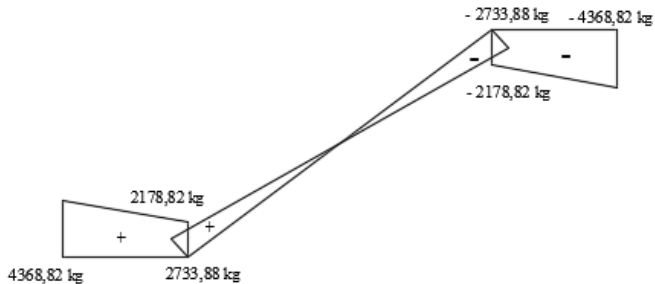
- Gaya Normal
 - Pada Bordes A-B
 $N = 0 \text{ kg}$
 - Pada Tangga B-C
 X dari kiri ke kanan
 $Nx = (-Ra + Q2.1,1 + Q1.X). \sin 36,5$
 $X = 0$
 $Nb \text{ kanan} = -1651,32 \text{ kg}$
 $X = 2,7 \text{ m}$
 $Nb \text{ kiri} = 1651,32 \text{ kg}$
 - Pada Bordes C-D
 $N = 0$



Gambar 4.6 Bidang Normal Tangga

- Gaya Geser
 - Pada Bordes A-B

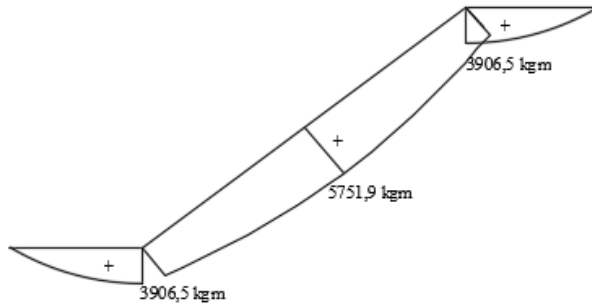
- X dari kiri ke kanan
 $D_x = R_a - Q_1 \cdot X$
 $X = 0$
 $D_a = 4368,82 \text{ kg}$
 $X = 1,1 \text{ m}$
 $D_b \text{ kiri} = 2733,88 \text{ kg}$
- Pada Tangga B-C
 X dari kiri ke kanan
 $D_x = (D_b \text{ kiri} - Q_1 \cdot X) \cos 36,5$
 $X = 0$
 $D_b \text{ kanan} = 2178,82 \text{ kg}$
 $X = 2,7 \text{ m}$
 $D_c \text{ kiri} = -2178,82 \text{ kg}$
 - Pada Bordes C-D
 X dari kanan ke kiri
 $D_x = -R_d + Q_2 \cdot X$
 $X = 0$
 $D_d = -4368,82 \text{ kg}$
 $X = 1,1 \text{ m}$
 $D_c \text{ kanan} = -2733,88 \text{ kg}$



Gambar 4.7 Bidang Geser Tangga

- Gaya Momen
 - Pada Bordes A-B
 X dari kiri ke kanan
 $M_x = R_a \cdot X - Q_2 \cdot X^2 / 2$

- $X = 0$
 $M_a = 0$
 $X = 1,1 \text{ m}$
 $M_b \text{ kiri} = 3906,48 \text{ kg.m}$
- Pada Tangga B-C
- X dari kiri ke kanan
 $M_x = M_b \text{ kiri} - Q_1.X^2$
 $X = 0$
 $M_b \text{ kanan} = 3906,48 \text{ kg.m}$
 $X = 2,7 \text{ m}$
 $M_c \text{ kiri} = 3906,48 \text{ kg.m}$
 $X = 1,35 \text{ m (Momen maksimum)}$
 $M = 5751,85 \text{ kg.m}$
- Pada Bordes C-D
- X dari kanan ke kiri
 $M_x = R_d.X - Q_2.X^2/2$
 $X = 0$
 $M_d = 0$
 $X = 1,1 \text{ m}$
 $M_c \text{ kanan} = 3906,48 \text{ kg.m}$



Gambar 4.8 Bidang Momen Tangga

4.3.1.4 Perhitungan Penulangan

4.3.1.4.1 Penulangan Pelat Tangga

- Data Perencanaan

- f_c' : 40 MPa
- f_y : 400 MPa
- Tulangan lentur : 16 mm
- Tulangan bagi : 10 mm
- Tulangan susut : 10 mm
- As D16 : 201,06 mm²
- As D10 : 78,54 mm²
- Cover : 20 mm
- dx : $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$
: 150 - 20 - (16/2)
: 122 mm
- ρ_{min} : $1,4/f_y$
: 0,0035
- β_1 : $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
: 0,764
- ρ_{balance} : $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
: $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
: 0,039
- ρ_{max} : $0,75 \rho_{\text{balance}}$
: 0,0292
- m : $\frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
: 11,76

- Penulangan Lentur

- M_n : $\frac{M_u}{\phi} = \frac{5751,85 \times 9,81 \times 1000}{0,9}$
: 62.695.181 N.mm
- R_n : $\frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{62.695.181}{1000 \times 122^2}$
: 4,21 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$

- $$: \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 3,89 \times 11,76}{400}} \right) \right)$$
- $$: 0,0113 \quad (\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ max})$$
- Maka akan digunakan $\rho = 0,0113$
 - As perlu : $\rho \times b \times d = 0,0113 \times 1000 \times 122$
: $1376,033 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D16}} = \frac{1376,33}{201,06}$
: $6,84 \approx 7 \text{ buah}$
 - Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{7} = 142,85 \approx 125 \text{ mm}$
 - As Pakai : n Tulangan x As D16
: $7 \times 201,06 = 1407,43 \text{ mm}^2$
 - As Tulangan Bagi : $20\% \times \text{As Pakai}$
: $281,49 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan Bagi : $\frac{As \text{ Tul.Bagi}}{As \text{ D10}} = \frac{281,49}{78,54}$
: $3,58 \approx 4 \text{ buah}$
 - S : $\frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$

Sehingga digunakan tulangan lentur tangga D16-125 mm dan tulangan bagi D10-250 mm.

- Penulangan Susut
 - ρ susut : 0,002
 - As perlu : $\rho \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 122$
: 244 mm^2
 - n Tulangan susut : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D10}} = \frac{244}{78,54}$
: $3,11 \approx 4 \text{ buah}$
 - S : $\frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$

Sehingga digunakan tulangan susut tangga D10-250 mm.

4.3.1.4.2 Penulangan Bordes

- Data Perencanaan
 - f_c' : 40 MPa

- f_y : 400 MPa
- Tulangan lentur : 16 mm
- Tulangan bagi : 10 mm
- Tulangan susut : 10 mm
- As D16 : 201,06 mm²
- As D10 : 78,54 mm²
- Cover : 20 mm
- dx : $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$
: 150 - 20 - (16/2)
: 122 mm
- ρ_{min} : $1,4/f_y$
: 0,0035
- β_1 : $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
: 0,764
- ρ_{balance} : $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
: $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
: 0,039
- ρ_{max} : $0,75 \rho_{\text{balance}}$
: 0,0292
- m : $\frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
: 11,76

- Penulangan Lentur

- Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{3906,48 \times 9,81 \times 1000}{0,9}$
: 42.580.672 N.mm
- Rn : $\frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{42.580.672}{1000 \times 122^2}$
: 2,86 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{f_y}} \right) \right)$
: $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 2,64 \times 11,76}{400}} \right) \right)$

- : 0,0075 ($\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ max}$)
- Maka akan digunakan $\rho = 0,0075$
 - As perlu : $\rho \times b \times d = 0,0075 \times 1000 \times 122$
: $912,72 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D16}} = \frac{839,34}{201,06}$
: $4,54 \approx 5 \text{ buah}$
 - Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$
 - As Pakai : n Tulangan x As D16
: $5 \times 201,06 = 1005,31 \text{ mm}^2$
 - As Tulangan Bagi : $20\% \times \text{As Pakai}$
: $201,06 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan Bagi : $\frac{As \text{ Tul.Bagi}}{As \text{ D10}} = \frac{201,06}{78,54}$
: $2,56 \approx 3 \text{ buah}$
 - S : $\frac{1000}{3} = 333,33 \approx 300 \text{ mm}$

Sehingga digunakan tulangan lentur bordes D16-200 mm dan tulangan bagi D10-300 mm.

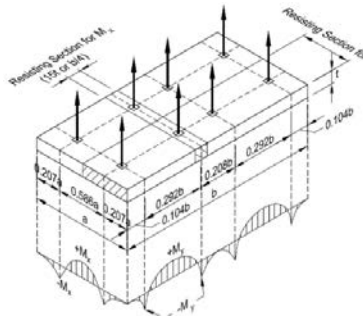
- Penulangan Susut

- ρ susut : 0,002
- As perlu : $\rho \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 122$
: 244 mm^2
- n Tulangan susut : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D10}} = \frac{244}{78,54}$
: $3,11 \approx 4 \text{ buah}$
- S : $\frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$

Sehingga digunakan tulangan susut bordes D10-250 mm.

4.3.1.5 Pengangkatan Tangga

Tangga yang direncanakan merupakan elemen pracetak. Pracetak yang sudah diproduksi dan dikirim ke site harus diangkat untuk dipasang di struktur. Perencanaan pengangkatan tangga bertujuan agar pada saat pengangkatan tangga tidak terjadi kegagalan pada tangga. Jumlah titik angkat pada tangga sebanyak 8 titik angkat seperti pada gambar



Gambar 4.9 Pengangkatan Pelat dengan 8 titik angkat
(Sumber: *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*)

- Perhitungan Gaya

$$\begin{aligned} \text{Berat Tangga} &= ((A_{\text{brodes}} \times t) + (A_{\text{tangga}} \times t)) \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 2636,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$K = 1,2$$

$$\begin{aligned} \text{Qult} &= K \times \text{berat tangga} \\ &= 3163,50 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tu} &= \frac{\text{Qult}}{8} \\ &= 395,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tegangan ijin

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{fy}{1,5} \\ &= \frac{400}{1,5} \end{aligned}$$

$$= 266,67 \text{ MPa}$$

$$= 2666,67 \text{ kg/cm}^2$$

- Diameter tulangan angkat

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

$$= \sqrt{\frac{395,47}{\pi \times 2666,67}}$$

$$= 0,217 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan diameter tulangan angkat D10

- Tegangan retak (fr)

$$fr = \frac{0,7\sqrt{f'c}}{1,5}$$

$$= \frac{0,7\sqrt{40}}{1,5}$$

$$= 4,427 \text{ MPa}$$

- Tegangan akibat $Mu+$ dan $Mu-$

Momen yang terjadi pada tangga didapatkan dari hasil permodelan tangga dalam program bantu SAP 2000. Maka didapatkan momen sebagai berikut:

$$Mu + = 126,35 \text{ kgm}$$

$$Mu - = 110,44 \text{ kgm}$$

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

$$= \frac{1}{6} \times 1,15 \times 0,15^2$$

$$= 28750 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \frac{Mu+}{Z} = \frac{126,35}{28750}$$

$$= 0,043 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \frac{Mu-}{Z} = \frac{110,44}{28750}$$

$$= 0,037 \text{ MPa}$$

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

4.3.1.6 Pemilihan Profil Pengangkatan

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



Gambar 4.10 Profil BSA



Gambar 4.11 Profil Kait JL



Gambar 4.12 JENKA Lifter

4.3.2 Perhitungan Balok Bordes

4.3.2.1 Perencanaan Dimensi Balok Bordes

$$h = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 260 = 162,5 \approx 300 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 300 = 200 \text{ cm}$$

4.3.2.2 Pembebanan Balok Bordes

- Beban Mati
 - Pelat bordes : $2400 \times 0,15 \times 1,1 = 396 \text{ kg/m}$
 - Balok Bordes : $2400 \times 0,3 \times 0,2 = 144 \text{ kg/m}$
 - Q_D : 540 kg/m
- Beban Hidup
 - Q_L : $488,4 \text{ kg/m}^2 \times 1,1 \text{ m}$
 - : $537,3 \text{ kg/m}$
- Kombinasi
 - Q : $1,2 Q_D + 1,6 Q_L$
 - : $1507,37 \text{ kg/m}$

4.3.2.3 Penulangan Balok Bordes

- Data Perencanaan
 - f_c' : 40 MPa
 - f_y BJTD 40 : 400 MPa
 - f_y BJTP 24 : 240 MPa
 - Tulangan lentur : 16 mm
 - Tulangan senkang : 10 mm
 - As D16 : $201,06 \text{ mm}^2$
 - As D10 : $78,54 \text{ mm}^2$
 - B : 200 mm
 - H : 300 mm
 - Cover : 40 mm
 - dx : $h - \text{cover} - (D/2)$
 - : $300 - 40 - (16/2)$
 - : 252 mm
 - ρ_{\min} : $1,4/f_y$

- : 0,0035
 - β_1 : $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 - : 0,764
 - ρ_{balance} : $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 - : $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 - : 0,039
 - ρ_{max} : $0,75 \rho_{\text{balance}}$
 - : 0,0292
 - m : $\frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
 - : 11,76
- Penulangan Lentur Daerah Tumpuan
 - M_u : $\frac{1}{12} \times q \times L^2$
 - : $\frac{1}{12} \times 1507,37 \times 1,1^2$
 - : 849,15 kg.m
 - M_n : $\frac{M_u}{\phi} = \frac{849,15 \times 9,81 \times 1000}{0,9}$
 - : 9.255.742 N.mm
 - R_n : $\frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{9.255.742}{200 \times 252^2}$
 - : 0,81 MPa
 - ρ_{perlu} : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$
 - : $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,81 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 - : 0,0020 ($\rho \leq \rho_{\text{min}}$)
 - Maka akan digunakan $\rho_{\text{min}} = 0,0035$
 - As perlu : $\rho \times b \times d = 0,0035 \times 200 \times 252$
 - : 176,4 mm²
 - n Tulangan : $\frac{As_{\text{perlu}}}{As_{D16}} = \frac{176,4}{201,06}$
 - : 0,877 \approx 2 buah
 - As Pakai : 402,12 mm²

Sehingga digunakan 2D16 untuk tulangan tumpuan

- Penulangan Lentur Daerah Lapangan

- Mu : $\frac{1}{24} \times q \times L^2$
: $\frac{1}{24} \times 1507,37 \times 1,1^2$
: 424,57 kg.m
- Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{424,57 \times 9,81 \times 1000}{0,9}$
: 4.627.871 N.mm
- Rn : $\frac{Mn}{b.d^2} = \frac{9.255.742}{200 \times 252^2}$
: 0,36 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
: $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,36 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
: 0,00091 ($\rho \leq \rho$ min)
- Maka akan digunakan ρ min = 0,0035
- As perlu : $\rho \times b \times d = 0,0035 \times 200 \times 252$
: 176,4 mm²
- n Tulangan : $\frac{As\ perlu}{As\ D16} = \frac{176,4}{201,06}$
: 0,877 \approx 2 buah
- As Pakai : 402,12 mm²

Sehingga digunakan 2D16 untuk tulangan lapangan

- Penulangan Geser

- Vu : 4368,82 kg \approx 42.858 N
- Vc : $\frac{1}{6} \times \sqrt{fc} \times bw \times d$
: $\frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 200 \times 252$
: 53.126 N
- Vs : $\frac{Vu}{\phi} - Vc = \frac{42.848}{0,75} - 53.126$
: 37.222 N

$$\begin{aligned} \text{Syarat 1} &= Vu \leq \phi Vc/2 \\ &= 42.858 \leq 0,75 \times 53.126 \times 0,5 \\ &= 42.858 \leq 19.922 \text{ N (NOT OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat 2} &= \emptyset V_c/2 \leq V_u \leq \emptyset V_c/2 \\ &= 19.922 \leq 42.858 \leq 39.845 \text{ N (NOT OK)} \end{aligned}$$

Maka diperlukan tulangan geser

$$\begin{aligned} - A_v &: 2 \times A_s \text{ D10} = 157,08 \text{ mm}^2 \\ - S &: \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\ &: \frac{157,08 \times 240 \times 252}{37.222} = 255 \text{ mm} \\ - S_{\max} &: \frac{dx}{2} = 126 \approx 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

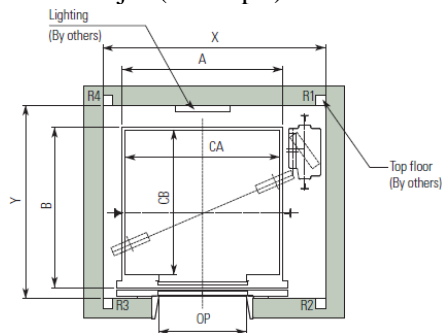
Sehingga digunakan tulangan geser $\emptyset 10$ -125 mm

4.3.3 Perencanaan Balok Lift

Pada gedung apartemen ini akan direncanakan lift penumpang yang diproduksi oleh *Hyundai* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : *Hyundai*
- Tipe : Passangers Elevator YZER (Machine-Room-Less Elevators)
- Kecepatan : 1,75 m/s
- Kapasitas : 30 orang (2000 kg)

Berikut adalah ilustrasi denah ruang luncur lift dan spesifikasi lebih lanjut (terlampir):



Gambar 4.13 Denah Ruang Lift

Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	Car			Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
1.0	8	550	Open	800	1200x1100	1360x1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600	
	9	600		800	1200x1190	1360x1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600	
	10	700		800	1200x1300	1360x1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600	
	11	750		800	1200x1400	1360x1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700	
	13	900		900	1600x1300	1660x1505	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900	
1.5	15	1000	Open	900	1600x1400	1660x1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000	
	17	1150		1000	1800x1400	1900x1570	2600	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500	
	20	1350		1000	1800x1600	1900x1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000	
1.75	24	1600	Open	1100	2000x1700	2100x1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	27	1750		1200	2100x1750	2200x1920	3000	2500	8400	4300	2800	1300	16700	3800	
2.0	30	2000	Open	1300	2200x1900	2200x2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300	
	38	2500		1300	2200x2200	2300x2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700	
	13	900		900	1600x1300	1700x1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	15	1000		900	1600x1400	1700x1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500	
	17	1150		1000	1800x1400	1900x1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700	
2.5	20	1350	Open	1000	1800x1600	1900x1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100	
	24	1600		1100	2000x1700	2100x1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	
	13	900		900	1600x1350	1700x1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	15	1000		900	1600x1400	1700x1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500	
	17	1150		1000	1800x1400	1900x1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700	
2.5	20	1350	Open	1000	1800x1600	1900x1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100	
	24	1600		1100	2000x1700	2100x1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	

Gambar 4.14 Spesifikasi Lift

Dikarenakan balok penumpu lift terbaring diatas dinding geser, maka perhitungan tulangan lentur balok penumpu lift hanya menggunakan ρ min dan tulangan geser minimum.

- Data Perencanaan

- f_c' : 40 MPa
- f_y BJTD 40 : 400 MPa
- f_y BJTP 24 : 240 MPa
- Tulangan lentur : 16 mm
- Tulangan senkang : 10 mm
- As D16 : 201,06 mm²
- As D10 : 78,54 mm²
- B : 300 mm
- H : 400 mm
- Cover : 40 mm
- dx : h – cover – (D/2)
: 400 – 40 – (16/2) = 352 mm
- ρ_{min} : 1,4/ f_y = 0,0035

- Penulangan Lentur

- Digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$
- As perlu : $\rho \times b \times d = 0,0035 \times 300 \times 352$
: $369,6 \text{ mm}^2$
- n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D16}} = \frac{369,6}{201,06}$
: $1,838 \approx 2 \text{ buah}$
- As Pakai : $402,12 \text{ mm}^2$

Maka digunakan tulangan lentur 2D16

- Penulangan Geser

- $V_s \text{ min}$: $\frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$
: $\frac{1}{3} \times \sqrt{40} \times 300 \times 352$
: 222.624 N
- A_v : $2 \times As \text{ D10} = 157,08 \text{ mm}^2$
- S : $\frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$
: $\frac{157,08 \times 240 \times 252}{222624} = 151,1 \text{ mm}$
: 100 mm

Sehingga digunakan tulangan geser $\emptyset 10$ -100 mm

4.4 Preliminary Design

4.4.1 Umum

Preliminary design struktur primer merupakan perencanaan awal untuk dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary design yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain pelat, *drop panel*, kolom, balok tepi, dan dinding geser.

4.4.2 Pelat

Pada struktur U-Boot *slab* merupakan struktur pelat *hollow* dua arah yang tidak menggunakan balok interior. Pada jenis pelat ini memiliki material yang membuat rongga-rongga didalamnya, maka dari itu pada pelat jenis ini memiliki tebal pelat yang lebih tebal dari pelat yang ditumpu pada balok interior. Tebal minimum pada pelat yang tidak menggunakan balok interior berdasarkan

Pasal 9.5.3.2 SNI 2847-2013 dengan f_y 400 MPa adalah $1/33$ dari lebar (l_n) pelat tersebut. Sehingga didapatkan tebal pelat minimum:

$$L_n = 7800 \text{ mm}$$

$$h \text{ pelat} = \frac{7800}{33} = 236,36 \text{ mm}$$

Dari tebal minimum yang didapatkan akan dipakai U-Boot tipe *single* dengan H-10 (h pelat = 250 mm) untuk pelat atap, dan tipe H-13 (h pelat = 280 mm) untuk pelat lantai 1 – 13



u-boot beton

	H cm ▶	10	13	16	18	20
Working dimensions	cm	52 x 52	52 x 52	52 x 52	52 x 52	52 x 52
Height H	cm	10	13	16	18	20
Foot height p	cm	0-5-6-7-8-9-10	0-5-6-7-8-9-10	0-5-6-7-8-9-10	0-5-6-7-8-9-10	0-5-6-7-8-9-10
Spacer height d	cm	1	1	1	1	1
Weight per piece	kg	1,150	1,240	1,430	1,610	1,660
Piece volume	m ³	0,0213	0,0280	0,0350	0,0396	0,0430
Pallet dimensions	cm	110x110x240	110x110x250	110x110x250	110x110x250	110x110x250
Pallet pieces	pcs/PAL	720	600	440	460	460
Pallet weight	kg/PAL	840	920	850	750	790
Composed of U-Boot UP	cm					
Composed of U-Boot DOWN	cm					

*Volume related to one possible combination "UP + DOWN".
** U-Boot® Beton H 24 DOWN with feet all cm.

Gambar 4.15 Spesifikasi berbagai tipe U-Boot
(Sumber: Brosur Daloiform U-Boot beton)

4.4.3 Drop Panel

Pada SNI 2847-2013 pasal 13.3.7 perencanaan tebal *drop panel* digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan negatif pada bagian *flat slab* di atas kolom harus sesuai dengan pasal 13.2.5 yang mana *drop panel* harus:

- Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan. Sehingga lebar drop panel arah sumbu X dan Y:

$$L_x = \frac{7800}{6} = 1300 \text{ mm}$$

$$L_y = \frac{7200}{6} = 1200 \text{ mm}$$

- Menjorok di bawah *slab* paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya dan tidak lebih besar dari seperempat jarak dari tepi *drop panel* ke muka keliling kolom dengan dimensi 900 x 900:

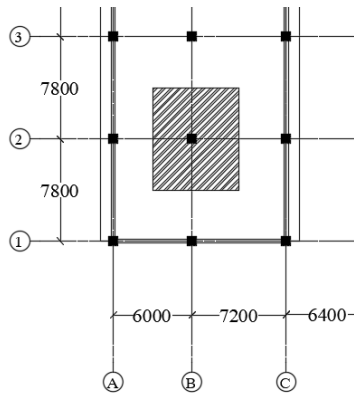
$$h \text{ drop panel} = \frac{280}{4} = 70 \text{ mm}$$

$$h \text{ drop panel} \leq \frac{1300 - 0,5 \times 900}{4} = 212,5 \text{ mm (OK)}$$

Maka digunakan lebar *drop panel* 1300 mm untuk arah x maupun arah y. Sehingga lebar total *drop panel* adalah 2600 mm baik arah x maupun arah y dengan tebal 70 mm

4.4.3 Kolom

Perencanaan dimensi awal kolom perlu meninjau kolom yang mengalami pembebanan dan bentang antar kolom yang terbesar dalam struktur. Pada kasus ini kolom memikul beban terluas sebesar 7,8 x 6,6 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Tributary Area Kolom Terluas

4.4.3.1 Reduksi Beban Pada Kolom

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 4.7 dan 4.8 untuk beban hidup dapat tereduksi dengan syarat $K_{LL.A_T} \geq 37,16 \text{ m}^2$ maka:

$K_{LL} = 4$ (Tabel 4-2 SNI 1727-2013)

$A_T = 7,8 \times 6,6 \text{ m} = 56,16 \text{ m}^2$

$K_{LL} \cdot A_T = 4 \times 56,16 \text{ m}^2 = 224,64 \geq 37,16 \text{ m}^2$

- Reduksi Beban Hidup Pelat Lantai Atap
 - R1 : 0,6
 - R2 : 1
 - Lo : 0,96 kN/m²
 - Lr : $Lo \times R1 \times R2 = 0,96 \times 0,6 \times 1$
: 0,576 kN/m² $\approx 58,72 \text{ kg/m}^2$
- Reduksi Beban Hidup Pelat Lantai Apartemen
 - Lo : 1,92 kN/m²
 - L : $Lo \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \times A_T}} \right) = 1,92 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{224,64}} \right)$
: 1,065 kN/m² $\approx 108,61 \text{ kg/m}^2$
 - Syarat : $L \geq 0,4 Lo = 0,4 \times 1,92 \text{ kN/m}^2$
: 1,065 $\geq 0,768 \text{ kN/m}^2$ (OK)

4.4.3.2 Pembebanan Pada Kolom

Kolom direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai maupun atap serta momen maksimum dari beban terfaktor tersebut. Dimana faktor beban yang direncanakan pada struktur adalah yang terbesar dari 1,4D dan 1,2DL + 1,6LL.

Untuk efisiensi dimensi kolom direncanakan terdapat berbagai variasi dimensi kolom yang mana variasi dimensi satu kolom yang berbeda setiap 4 atau 5 lantai.

Tabel 4.1 Pembebanan Kolom Lantai Atap

Pelat Lantai Atap						
BEBAN MATI	Berat	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	berat (kg)
Pelat lantai atap	2400	kg/m ³	6,6	7,8	0,25	30888
Kolom	2400	kg/m ³	0,9	0,9	4	7776
Drop Panel	2400	kg/m ³	2,6	2,6	0,07	1136

Tegel	24	kg/m ²	6,6	7,8		
Penggantung+plafond	20	kg/m ²	6,6	7,8		1030
Spesi (1 cm)	21	kg/m ²	6,6	7,8		
Instalasi plumbing	30	kg/m ²	6,6	7,8		1544
BEBAN HIDUP						berat
Lantai	58,72	kg/m ²	6,6	7,8		3023
TOTAL KESELURUHAN	DL					42374
	LL					3023
1,4 D						50848
1,2 D + 1,6 L						55684

Tabel 4.2 Pembebanan Kolom 1 Lantai

Pelat Lantai						
BEBAN MATI	Berat	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	berat (kg)
Pelat lantai	2400	kg/m ³	6,6	7,8	0,28	34595
Kolom	2400	kg/m ³	0,9	0,9	4	7776
Drop Panel	2400	kg/m ³	2,6	2,6	0,07	1136
Tegel	24	kg/m ²	6,6	7,8		1236
Penggantung+plafond	20	kg/m ²	6,6	7,8		1030
Spesi (1 cm)	21	kg/m ²	6,6	7,8		1081
Instalasi plumbing	30	kg/m ²	6,6	7,8		1544
BEBAN HIDUP						
Lantai	108,61		6,6	7,8		5591
TOTAL KESELURUHAN	DL					48397
	LL					5591
1,4 DL						58076
1,2 D L+ 1,6 LL						67021

4.4.3.3 Perhitungan Dimensi Kolom

Mutu beton pada kolom yang direncanakan adalah 40 MPa (392,4 kg/cm²), maka:

- Kolom 1 (Lantai 1 – 5)
 - Beban 1 lantai apartemen : 67021 kg
 - Beban 13 lantai apartemen : 871273 kg
 - Beban lantai Atap : 55684 kg
 - Beban Kolom 1 (Wu) : 926957 kg
 - $$A = \frac{3 Wu}{\sqrt{fc}} = \frac{3 \times 926957}{\sqrt{392,4}} = 7086,83 \text{ cm}^2$$
 - $$B = \sqrt{A} = \sqrt{7086,83} = 84,18$$
 - B Kolom1 pakai : 90 cm
- Kolom 2 (Lantai 6 – 10)
 - Beban 1 lantai apartemen : 67021 kg
 - Beban 9 lantai apartemen : 603189 kg
 - Beban lantai Atap : 55684 kg
 - Beban Kolom 1 (Wu) : 658873 kg
 - $$A = \frac{3 Wu}{\sqrt{fc}} = \frac{3 \times 658873}{\sqrt{392,4}} = 5037,26 \text{ cm}^2$$
 - $$B = \sqrt{A} = \sqrt{5037,26} = 70,97$$
 - B Kolom2 pakai : 75 cm
- Kolom 3 (Lantai 11 – Atap)
 - Beban 1 lantai apartemen : 67021 kg
 - Beban 4 lantai apartemen : 268084 kg
 - Beban lantai Atap : 55684 kg
 - Beban Kolom 1 (Wu) : 323768 kg
 - $$A = \frac{3 Wu}{\sqrt{fc}} = \frac{3 \times 323768}{\sqrt{392,4}} = 2475,29 \text{ cm}^2$$
 - $$B = \sqrt{A} = \sqrt{2475,29} = 49,75 \text{ cm}$$
 - B Kolom3 pakai : 50 cm

4.4.4 Balok Tepi

Dalam tugas akhir ini, balok tepi yang digunakan adalah balok persegi. Perencanaan balok persegi berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a) yaitu dengan tebal minimum balok non-prategang bila lendutan tidak dihitung dengan mutu selain fy 420 MPa, maka:

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

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

Keterangan:

h min : Tinggi minimum balok (mm)

b : Lebar balok (mm)

L : Bentang balok (mm)

Tabel 4.3 Rekapitulasi Balok Tepi

No	Bentang (mm)	Arah	h min	b min	Dimensi	
					h	b
1	6000	memanjang	364,2857	242,8571	500	350
2	7200	memanjang	437,1429	291,4286	500	350
3	6400	memanjang	388,5714	259,0476	500	350
4	7800	melintang	473,5714	315,7143	500	350
5	7150	melintang	434,1071	289,4048	500	350

Perencanaan balok tepi terdapat dua tipe balok dengan dimensi balok tipe-1 45/65 cm untuk lantai 1 sampai 10 dan balok tipe-2 35/50 cm untuk lantai 11 sampai atap.

4.4.5 Dinding Geser

Menurut SNI 2847-2013 pasal 14.5.3 ketebalan dinding geser tidak boleh kurang dari $\frac{1}{25}$ tinggi tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm. Untuk itu pada tugas akhir ini dinding yang direncanakan terdapat beberapa tipe, perencanaan dimensi tebal diambil dari tipe dinding yang terpanjang, maka:

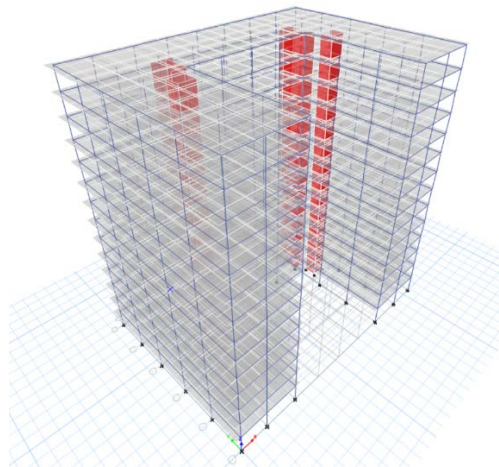
- Tinggi dinding : 4000 mm
- Lebar dinding : 5200 mm
- $T_{min} = \frac{1}{25} \times 4000$: 160 mm
- $T_{min} = \frac{1}{25} \times 5200$: 208 mm

Sehingga pada tugas akhir ini akan digunakan dinding geser dengan tebal 300 mm pada dinding geser tipe-1 dan 250 mm pada tipe-2.

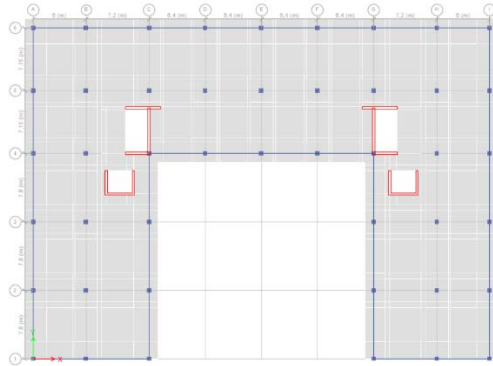
4.5 Permodelan Struktur

4.5.1 Umum

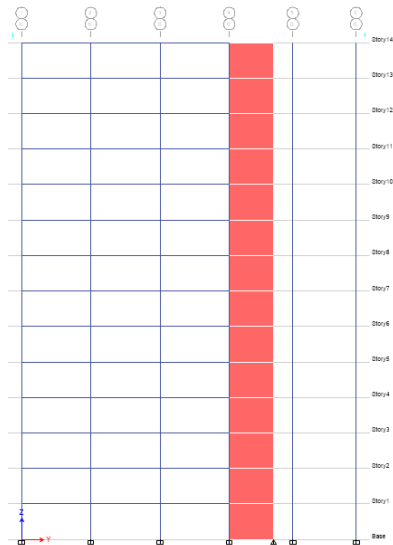
Perencanaan apartemen Amega Crown Residence menggunakan program bantu ETABS V17. Permodelan struktur primer ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan struktur untuk menahan beban. Pembebanan berdasarkan SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983 serta pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726:2012.



Gambar 4.17 Tampak 3D Struktur



Gambar 4.18 Denah Lantai 1-13 Struktur



Gambar 4.19 Tampak Potongan Struktur

4.5.2 Pembebanan

4.5.2.1 Beban Mati

- a. Beban Mati Struktural (D)

Beban mati dstruktural merupakan berat sendru dari bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menopang beban yang terjadi. Beban mati sruktural yang diperhitugnkan adalah bebans struktur beton bertulang yaitu sebesar 2400 kg/m^3 , dan untuk pelat U-Boot memiliki beban tersendiri bergantung tipe yang direncanakan.

b. Beban Mati Tambahan (SD)

Beban mati tambahan merupakan berat elemen nonstruktural yang secara permanen membebani struktur.

Tabel 4.4 SD Lantai Apartemen

Beban Mati Tambahan Lantai Apartemen	
Spesi 2 cm	42 kg/m^2
Tege1	24 kg/m^2
ME	40 kg/m^2
Plumbing	30 kg/m^2
Plafon	11 kg/m^2
Penggantung Plafon	7 kg/m^2
Total	154 kg/m^2
Total	1,51 kN/m^2

Tabel 4.5 SD Atap Apartemen

Beban Mati Tambahan Atap Apartemen	
Spesi 2 cm	42 kg/m^2
ME	40 kg/m^2
Plumbing	30 kg/m^2
Plafon	11 kg/m^2
Penggantung Plafon	7 kg/m^2
Total	130 kg/m^2
Total	1,28 kN/m^2

4.5.2.2 Beban Hidup

Beban Hidup mengacu pada SNI 1727-2013, maka:

- Beban Hidup Lantai Apartemen : 1,92 kN/m²
: 195,72 kg/m²
- Beban Hidup Atap : 0,96 kN/m²
: 97,86 kg/m²

4.5.2.3 Beban Gempa Dinamis

Beban Gempa mengacu pada SNI 1726:2012, maka:

- a) Faktor Keutamaan Gempa
Faktor Keutamaan Gempa dipengaruhi oleh jenis gedung. Pada tugas akhir ini gedung yang dimodelkan adalah gedung apartemen yang termasuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) adalah 1.
- b) Kelas Situs
Kelas situs didapatkan dari hasil pengumpulan data tanah. Didapatkan $N_{SPT} = 13,03 < 15$, sehingga dapat disimpulkan tanah masuk dalam kelas situs SE.
- c) Nilai S_s , S_1 , F_a , F_v , S_{ms} , S_{m1} , SDS , $SD1$
Dari puskim, didapatkan nilai dari berbagai variabel tersebut pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Nilai S_s , S_1 , F_a , F_v , S_{ms} , S_{m1} , SDS , $SD1$

Variabel	Nilai
S_s	0,672
S_1	0,254
F_a	1,356
F_v	2,983
S_{ms}	0,911
S_{m1}	0,759
SDS	0,607
$SD1$	0,506

- d) Sistem Penahan Gaya Seismik
Pada penentuan kategori desain seismic pada parameter respons percepatan pada perioda pendek dan 1 detik di dapat ketegori resiko D. Sehingga jika menurut Tabel 9 SNI 1726:2012 dengan dinding geser beton bertulang khusus pada arah X dan Y. Untuk sistem ganda dengan

sistem rangka pemikul momen menengah, maka gaya gempa maksimal yang dipikul dinidng geser adalah sebesar 75%. Parameter sistem tersebut berdasarkan pada:

- R : 6,5
- Cd : 5
- Ω_o : 2,5

e) Respons Spektrum Desain

Penentuan nilai T_0 dan T_s :

- T_0 : $0,2 \times \frac{SD1}{SDS}$
 $: 0,2 \times \frac{0,506}{0,607} = 0,167$ detik
- T_s : $\frac{SD1}{SDS}$
 $: \frac{0,506}{0,607} = 0,834$ detik

Untuk periode yang lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain (S_a), diambil dari persamaan:

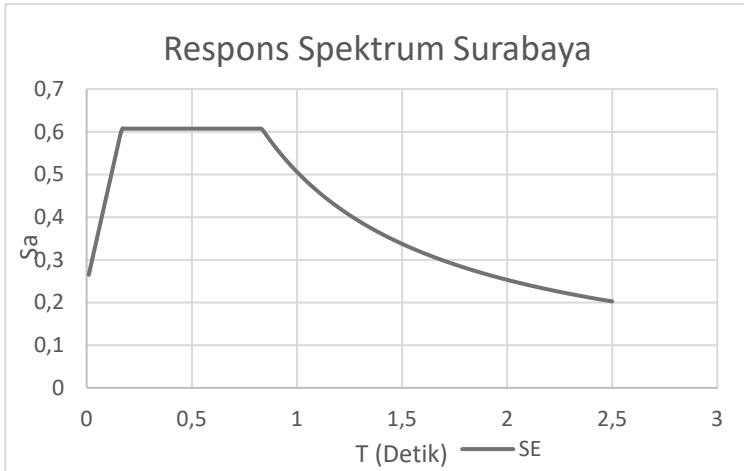
$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 ,

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

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 ,

$$S_a = SDS$$



Gambar 4.20 Grafik Respon Spektrum Tol-Rungkut, Surabaya.

4.5.2.4 Arah Pemmbebanan

Beban gempa yang terjadi pada struktur dapat terjadi dari segala arah baik dari arah X ataupun Y. Sehingga dalam permodelan struktur pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap efektif (100%) dan harus dianggap terjadi gempa dengan arah tegak lurus dengan arah utama sebesar 30%.

4.5.2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada permodelan ETABS mengacu pada SNI 1726:2012 pada pasal 4.2.2 sebagai berikut:


- 1,4 D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D + 0,5L ± E
- 0,9 D ± E

4.5.3 Permodelan U-Boot slab pada ETABS

Dalam menganalisa struktur Flat Slab tugas akhir ini menggunakan program bantu ETABS 17. Berikut langkah-langkah

dalam memodelkan U-Boot *slab* pada struktur menggunakan ETABS:

1. Setelah membuat project baru pada ETABS, masukkan spesifikasi material yang digunakan pada menu Define -> Material Properties lalu masukkan material beton yang akan digunakan.
2. Modelkan U-Boot *Slab* Pada Section Properties Slab sebagai Shell-Elements dan solid slab lalu memasukkan tebal pelat sesuai hasil preliminary design pelat. Dalam Slab Property Data -> Modifier untuk mengganti faktor-faktor yang sesuai dengan tipe U-Boot yang di desain seperti Inertia Modifiers, Shear Stiffness Modifiers, dan Weight Modifier.



Results		
Voided slab weight	G1 (kN/m ²)	4.6
Full concrete weight with same thickness	G2 (kN/m ²)	6.1
Weight loss	% P	26 %
Inertia loss	% I	10 %
Cross-Section area loss	% A	38 %
FEM Model modifiers for Shell with same thickness		
Inertia modifiers i11, i22		0.90
Shear stiffness modifiers t13, t23		0.62
Weight modifier		0.74

Gambar 4.21 Faktor Modifier yang dimasukkan ke ETABS

3. Memodelkan elemen struktur lainnya, lalu memasukkan beban yang akan bekerja termasuk kombinasi pembebanan.

4.6 Kontrol Persyaratan Desain Struktur

Setelah melakukan permodelan struktur dan pembebanan pada struktur, struktur harus dikontrol terhadap batasan batasan yang terdapat pada SNI 1726:2012 agar mengetahui permodelan

yang dilakukan telah memenuhi syarat keamanan dan sesuai standar. Hal hal yang harus dikontrol terdiri dari:

- Kontrol Beban Gravitasi ($\pm 5\%$)
- Kontrol Partisipasi Massa
- Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik ($\pm 85\%$)
- Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)
- Kontrol Simpangan antar lantai
- Kontrol Sistem Ganda

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

4.6.1 Kontrol Beban Gravitasi

Pembebanan yang dimodelkan pada ETABS baik beban mati maupun beban hidup harus mendekati perhitungan manual ($\pm 5\%$), agar permodelan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Berikut perhitungan manual pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Perhitungan Manual Beban Gravitasi

Pelat Atap						
Beban	Berat Sendiri	b	l	t	Jumlah	Berat (kg)
Pelat U-Boot	468,91	340,4		0,25		39904,179
Pelat Solid	2400	1220,76		0,25		732456
Balok Tepi	2400	0,35	226,2	0,5		95004
Kolom	2400	0,5	0,5	4	45	108000
Drop Panel	2400	2,6	2,6	0,07	13	14763,84
Super Dead	130	1561,16				202950,8
Beban Hidup	97,86	1561,16				152774,07
Pelat Lantai 11-13						
Beban	Berat Sendiri	b	l	t	Jumlah	Berat (kg)
Pelat U-Boot	519,88	323,97		0,28	3	141476,81
Pelat Solid	2400	1195,29		0,28	3	2409704,6
Balok Tepi	2400	0,35	226,2	0,5	3	285012
Kolom	2400	0,5	0,5	4	135	324000
Drop Panel	2400	2,6	2,6	0,07	39	44291,52
SD	154	1561,16			3	721255,92
Beban Hidup	195,72	1561,16			3	916644,4
Pelat Lantai 6-10						
Beban	Berat Sendiri	b	l	t	Jumlah	Berat (kg)
Pelat U-Boot	519,88	323,97		0,28	5	235794,68
Pelat Solid	2400	1195,29		0,28	5	4016174,4
Balok Tepi	2400	0,45	226,2	0,65	5	793962
Kolom	2400	0,75	0,75	4	225	1215000
Drop Panel	2400	2,6	2,6	0,07	65	73819,2
SD	154	1561,16			5	1202093,2
Beban Hidup	195,72	1561,16			5	1527740,7
Pelat Lantai 1-5						
Beban	Berat Sendiri	b	l	t	Jumlah	Berat (kg)
Pelat U-Boot	519,88	323,97		0,28	5	235794,68
Pelat Solid	2400	1195,29		0,28	5	4016174,4
Balok Tepi	2400	0,45	226,2	0,65	5	793962
Kolom	2400	0,9	0,9	4	225	1749600
Drop Panel	2400	2,6	2,6	0,07	65	73819,2
SD	154	1561,16			5	1202093,2
Beban Hidup	195,72	1561,16			5	1527740,7
Shearwall						
Beban	Berat Sendiri	b	l	t	Jumlah	Berat (kg)
Shearwall 1 A	2400	47,6		0,3	14	479808
Shearwall 2 A	2400	47,6		0,3	14	479808
Shearwall B 1	2400	33,6		0,25	14	282240
Shearwall B 2	2400	33,6		0,25	14	282240

Sehingga dari Tabel 4.8 akan didapatkan rekapitulasi beban sebagai berikut:

Tabel 4.8 Rekapitulasi Pembebanan Beserta ETABS

Rekapitulasi Perhitungan Manual		
Pelat	11.827.480	kg
Balok Tepi	1.967.940	kg
Kolom	3.396.600	kg
Drop Panel	206.694	kg
Shearwall	1.524.096	kg
Super Dead	3.328.393	kg
Beban Hidup	4.124.900	kg
TOTAL	26.376.102	kg
ETABS		
Dead Load	18.567.097	kg
Live Load	3.858.877	kg
SD Load	3.236.953	kg
TOTAL	25.662.928	kg

$$\text{Rasio} = \left(\frac{25.662,298}{26.376.102} - 1 \right) = 2,70\% < 5\% \text{ (OK)}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa pembebanan pada ETABS sudah benar.

4.6.2 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa struktur dan dari masing-masing arah.

Hasil analisis struktur partisipasi massa telah tercapai 90% untuk arah X pada mode ke 7 dan arah Y pada mode ke 9. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012

Tabel 4.9 Partisipasi Massa

Mode	Period	SUM UX	SUM UY
	sec		
1	1,733	0,5547	0,0001
2	1,488	0,7107	0,0003
3	1,327	0,7109	0,7008
4	0,556	0,8084	0,7009
5	0,49	0,8465	0,7009
6	0,396	0,8465	0,8581
7	0,274	0,8796	0,8581
8	0,25	0,9063	0,8581
9	0,193	0,9063	0,9184
10	0,166	0,915	0,9184
11	0,152	0,9381	0,9184
12	0,12	0,9381	0,9484

4.6.3 Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental

Mengacu pada SNI 1726:2013 pasal 7.8.2 besarnya periode fundamental struktur, T ditentukan berdasarkan batasan berikut:

- Jika $T > C_u T_a$ maka akan digunakan $T = C_u T_a$
- Jika $T_a < T < C_u T_a$ maka digunakan $T = T$
- Jika $T < T_a$ maka akan digunakan $T = T_a$

C_u = Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

$C_u = 1,4$ karena $SD1 > 0,4$ (Tabel 14 SNI 1726:2012)

T_a = Periode fundamental pendekatan

$T_a = C_t h_n^x = 0,0488 \times 56^{0,75} = 0,999$ detik

$C_u T_a = 1,399$ detik

Dari hasil analisis struktur ETABS diperoleh periode struktur sebagai berikut:

$T_x = 1,488$ detik $> C_u T_a$, maka digunakan $T_x = C_u T_a = 1,399$ detik

$T_y = 1,327$ detik $T_a < T < C_u T_a$, maka digunakan $T_y = 1,327$ detik

4.6.4 Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 kombinasi respons dinamik untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) harus lebih besar 85% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen. Jika kombinasi beban gempa untuk gaya geser dasar (V_t) lebih kecil dari 85% dari gaya geser dasar yang dihitung (V), maka harus dikalikan dengan $0.85V/V_t$. Berikut langkah perhitungan V :

- a. Menentukan Koefisien Respons Seismik (C_s)

Perhitungan koefisien respons seismik sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1 nilai C_s ditentukan dengan persamaan:

$$C_s = \frac{SDS}{R} = \frac{0,607}{\frac{6,5}{1}} = 0,0934$$

Nilai C_s tidak boleh melebihi

$$C_{sx \max} = \frac{SD1}{T_x \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,506}{1,399 \left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,0557$$

$$C_{sy \max} = \frac{SD1}{T_y \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,506}{1,327 \left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,0587$$

Nilai C_s tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 SD I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 \geq 0,01 \\ &= 0,0267 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Maka digunakan $C_{sx} = 0,0557$ dan $C_{sy} = 0,0557$

- b. Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik (V) dihitung dengan metode statik ekuivalen yang ditetapkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1. Berat seismic efektif (W) yang digunakan adalah seluruh beban mati serta 50% beban hidup ($W = D + 0,5L$).

$$V_x = C_{sx} \cdot W = 0,0557 \times 223361,63 = 12432,45 \text{ kN}$$

$$V_y = C_{sy} \cdot W = 0,0587 \times 223361,63 = 13103,12 \text{ kN}$$

Sedangkan V_t adalah gaya geser dasar hasil analisis ragam yang dianalisis dengan ETABS terdapat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Gaya Geser Dasar (V_t) dari ETABS

Load Case	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	6920,10	156,77
Ey Max	156,77	9818,60

c. Kontrol

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 jika kombinasi beban gempa untuk gaya geser dasar (V_t) lebih kecil dari 85% dari gaya geser dasar yang dihitung (V), maka harus dikalikan dengan $0.85V/V_t$.

Arah X:

$$V_{tx} = 6920,10 \text{ kN} < 0,85 V_x = 10567,59 \text{ kN (NOT OK)}$$

$$0,85 V_x / V_{tx} = 2,304$$

$$V_{ty} = 8082,74 \text{ kN} < 0,85 V_y = 11137,65 \text{ kN (NOT OK)}$$

$$0,85 V_y / V_{ty} = 1,711$$

Faktor skala ini dikalikan pada input *scale factor* pada saat *define respons spectra*, kemudian dilakukan *running* ulang ETABS. Sehingga akan didapatkan gaya geser dasar baru (V_t) sebagai berikut:

Tabel 4.11 Gaya Geser Dasar (V_t) Baru

Load Case	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	10567,59	239,40
Ey Max	177,83	11137,66

Maka gaya geser untuk arah X dan arah Y:

$$V_{tx} = 10567,59 \text{ kN} \geq 0,85 V_x = 10567,59 \text{ kN (OK)}$$

$$V_{ty} = 11137,65 \text{ kN} \geq 0,85 V_y = 11137,66 \text{ kN (OK)}$$

4.6.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai desain (Δ_x) dihitung sbegai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Simpangan pada gedung harus memenuhi syarat $\Delta_{xe} < \Delta_{ijin}$ yang bertujuan untuk menjaga kenyamanan penghuni dan mencegah kerusakan.

Tabel 4.12 Batas Simpangan Gedung

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0.025h_{sx}$ ^c	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$ ^c
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0.010h_{sx}$ ^c	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0.007h_{sx}$ ^c	$0.007h_{sx}$	$0.007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0.020h_{sx}$ ^c	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

Berikut perhitungan Δ ijin dari Tabel di atas:

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{ijin}} &= 0,020 h_x \\ &= 0,020 \times 4000 = 80 \text{ mm (Semua Lantai)}\end{aligned}$$

Lalu dilanjutkan mencari Δ_{xe} dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$\Delta_{xe} = \frac{\Delta x \times Cd}{Ie}$$

$$\Delta_x = \delta_x - \delta_{x-1}$$

Keterangan:

Δ_{xe} = Simpangan efektif yang diperbesar

Δ_x = Simpangan antra lantai x dan lantai di bawahnya

δ_x = Defleksi di lantai x

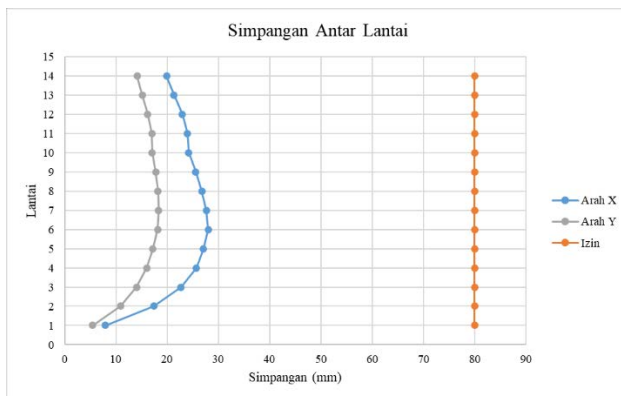
δ_{x-1} = Defleksi pada lantai di bawah lantai x

Cd = 5 (SNI 1726:2012 Tabel 9)

Dari permodelan pada program bantu ETABS didapatkan simpangan dan Δ_{xe} sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Lantai	Load Case	Arah	δx	Δx	Δx_e	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm	mm	mm	mm	
14	Ex Max	X	64,176	3,974	19,87	4000	80	OK
13	Ex Max	X	60,202	4,263	21,315	4000	80	OK
12	Ex Max	X	55,939	4,592	22,96	4000	80	OK
11	Ex Max	X	51,347	4,787	23,935	4000	80	OK
10	Ex Max	X	46,56	4,836	24,18	4000	80	OK
9	Ex Max	X	41,724	5,107	25,535	4000	80	OK
8	Ex Max	X	36,617	5,344	26,72	4000	80	OK
7	Ex Max	X	31,273	5,525	27,625	4000	80	OK
6	Ex Max	X	25,748	5,601	28,005	4000	80	OK
5	Ex Max	X	20,147	5,412	27,06	4000	80	OK
4	Ex Max	X	14,735	5,141	25,705	4000	80	OK
3	Ex Max	X	9,594	4,541	22,705	4000	80	OK
2	Ex Max	X	5,053	3,47	17,35	4000	80	OK
1	Ex Max	X	1,583	1,583	7,915	4000	80	OK
Lantai	Load Case	Arah	δx	Δx	Δx_e	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm	mm	mm	mm	
14	Ey Max	Y	43,078	2,823	14,115	4000	80	OK
13	Ey Max	Y	40,255	3,025	15,125	4000	80	OK
12	Ey Max	Y	37,23	3,232	16,16	4000	80	OK
11	Ey Max	Y	33,998	3,404	17,02	4000	80	OK
10	Ey Max	Y	30,594	3,411	17,055	4000	80	OK
9	Ey Max	Y	27,183	3,551	17,755	4000	80	OK
8	Ey Max	Y	23,632	3,637	18,185	4000	80	OK
7	Ey Max	Y	19,995	3,669	18,345	4000	80	OK
6	Ey Max	Y	16,326	3,63	18,15	4000	80	OK
5	Ey Max	Y	12,696	3,432	17,16	4000	80	OK
4	Ey Max	Y	9,264	3,196	15,98	4000	80	OK
3	Ey Max	Y	6,068	2,796	13,98	4000	80	OK
2	Ey Max	Y	3,272	2,18	10,9	4000	80	OK
1	Ey Max	Y	1,092	1,092	5,46	4000	80	OK



Gambar 4.22 Grafik Simpangan Antar Lantai

4.6.6 Kontrol Sistem Ganda

Pada perencanaan tugas akhir ini struktur Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus mampu memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan pada struktur SRPM dan pada dinding geser.

Tabel 4.14 Kontrol Sistem Ganda

	V _x (kN)	V _y (kN)
V _{SRPM}	10568	11138
V _{Shearwall}	7593	8070
SRPM (%)	28,1	27,5
Shearwall (%)	71,9	72,5

Maka dinding geser yang dimodelkan pada program bantu ETABS sudah memenuhi syarat sistem ganda.

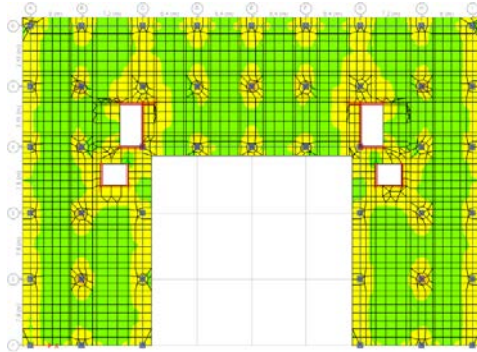
4.7 Perencanaan Struktur Primer

4.7.1 Umum

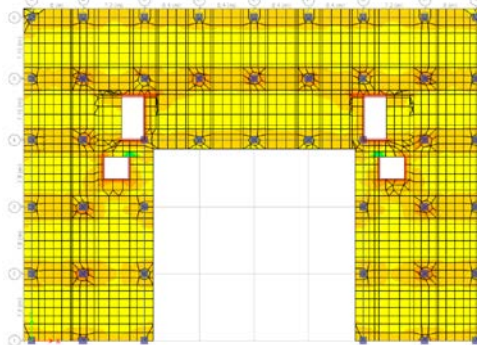
Perencanaan struktur primer pada tugas akhir ini adalah meliputi perencanaan pelat, *drop panel*, kolom, balok tepi, dan dinding geser. Perhitungan perencanaan berdasarkan syarat-syarat yang ada pada SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

4.7.2 Perencanaan Pelat U-Boot

Dari hasil analisa struktur pada ETABS didapatkan gaya-gaya yang terjadi dalam pelat akibat beban rencana. Untuk perhitungan kebutuhan kapasitas pelat diperlukan gaya-gaya adalah gaya momen dan geser. Untuk momen diperhitungkan terhadap sumbu gedung baik searah sumbu X maupun sumbu Y sesuai dengan momen yang terjadi sesuai arah sumbu.



Gambar 4.23 Diagram Momen M11



Gambar 4.24 Diagram Momen M22

4.7.2.1 Penulangan Pelat U-Boot 280 mm

Berdasarkan hasil analisa struktur pada ETABS didapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat yang ditunjukkan pada Tabel 4.15.

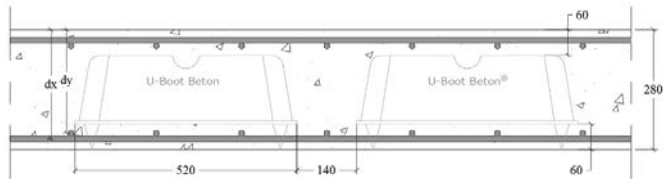
Tabel 4.15 Rekapitulasi Nilai Momen dari ETABS

Letak	M11 (kN.m)		M22 kN.m	
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	271,31	83,33	290,19	37,39
Lapangan	17,42	20,11	35,19	26,12

4.7.2.1.1 Perencanaan Tulangan Lajur Kolom Arah Sumbu X

- Tumpuan

- Mu = 271,31 kNm
- f_c' = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- Diameter Tulangan = 19 mm
- As D19 = 283,53 mm²
- Cover = 20 mm



- $dx = t - \text{cover} - (D/2)$
 $= 280 - 20 - (19/2)$
 $= 250,5 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 $= 0,764$
- $\rho_{\min} = 1,4/f_y$
 $= 0,0035$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,0292$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
 $= 11,76$
- Penulangan Lentur Daerah Tumpuan
 - Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{271310000}{0,9}$
 $= 301.455.556 \text{ N.mm}$
 - Rn : $\frac{Mn}{b.d^2} = \frac{301.455.556}{1000 \times 250,5^2}$

- : 4,80 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
- : $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 4,8 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
- : 0,0130 ($\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ max}$)
- Maka digunakan $\rho = 0,0130$
- As perlu : $\rho \cdot b \cdot d = 0,0130 \times 1000 \times 250,05$
- : $3257,76 \text{ mm}^2$
- n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D19}} = \frac{3257,76}{283,53}$
- : $11,49 \approx 12$ buah
- Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{12} = 83,33 \text{ mm}$
- S pakai : 80 mm
- As Pakai : n Tulangan x As D19
- : $12 \times 283,53 = 3402,35 \text{ mm}^2$
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
- a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{3402,35 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
- : 40,03 mm
- c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{40,03}{0,764}$
- : 52,37 mm
- ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
- : $\frac{(250,5-52,37)}{52,37} \times 0,003$
- : 0,0113 > 0,005 (OK)

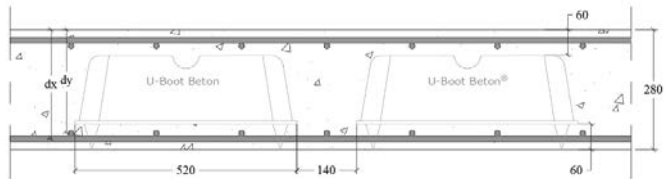
Maka akan dipasang tulangan D19 - 80 mm

- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: $1/3 \times$ As Pakai
 - : $1164,12 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As \text{ Tul. Tekan}}{As \text{ D16}} = \frac{1164,12}{201,06}$
 - : $5,64 \approx 6$ buah
 - S : $\frac{1000}{6} = 166,66 \approx 150 \text{ mm}$

Maka akan dipasang tulangan D16 - 150 mm

- **Lapangan**

- Mu = 17,42 kNm
- f_c' = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- Diameter Tulangan = 16 mm
- As D16 = 201,06 mm²
- Cover = 20 mm



- d_x = $t - \text{cover} - (D/2)$
 $= 280 - 20 - (16/2)$
 $= 252 \text{ mm}$
- β_1 = $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 $= 0,764$
- ρ_{\min} = $1,4/f_y$
 $= 0,0035$
- ρ_{balance} = $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
- ρ_{\max} = $0,75 \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,0292$
- m = $\frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
 $= 11,76$
- Penulangan Lentur Daerah Lapangan
 - Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{17420000}{0,9}$
 $= 301.455.556 \text{ N.mm}$
 - Rn : $\frac{Mn}{b.d^2} = \frac{19.355.556}{1000 \times 252^2}$

- : 0,304 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
- : $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,304 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
- : 0,0008 ($\rho \leq \rho \text{ min}$)
- Maka digunakan $\rho = 0,0035$
- As perlu : $\rho b d = 0,0035 \times 1000 \times 252$
- : 882 mm^2
- n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As D16} = \frac{882}{201,06}$
- : $4,39 \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$
- As Pakai : n Tulangan x As D16
- : $5 \times 201,06 = 1005,31 \text{ mm}^2$
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
- a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1005,31 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
- : $11,83 \text{ mm}$
- c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{11,83}{0,764}$
- : $15,47 \text{ mm}$
- ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
- : $\frac{(252-15,47)}{15,47} \times 0,003$
- : $0,0459 > 0,005 \text{ (OK)}$

Maka akan dipasang tulangan D16 - 200 mm

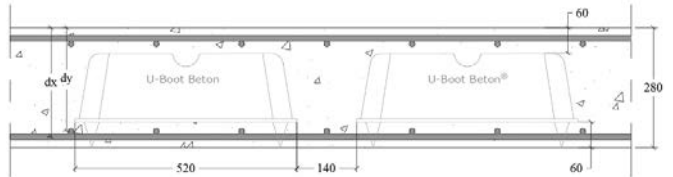
- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: $1/3 \times \text{As Pakai}$
 - : $335,10 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As \text{ Tul. Tekan}}{As D16} = \frac{335,10}{201,06}$
 - : $1,67 \approx 2 \text{ buah}$
 - S : $\frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$

Maka akan dipasang tulangan D16 - 250 mm

4.7.2.1.2 Perencanaan Tulangan Lajur Tengah Arah Sumbu X

- Tumpuan

- Mu = 83,33 kNm
- f_c' = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- Diameter Tulangan = 16 mm
- As D16 = 201,06 mm²
- Cover = 20 mm



- d_x = $t - \text{cover} - (D/2)$
 $= 280 - 20 - (16/2)$
 $= 252 \text{ mm}$
- β_1 = $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 $= 0,764$
- ρ_{\min} = $1,4/f_y$
 $= 0,0035$
- ρ_{balance} = $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
- ρ_{\max} = $0,75 \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,0292$
- m = $\frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
 $= 11,76$
- Penulangan Lentur Daerah Tumpuan
 - Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{83330000}{0,9}$
 $= 92.588.889 \text{ N.mm}$
 - Rn : $\frac{Mn}{b.d^2} = \frac{92.588.889}{1000 \times 252^2}$

- : 1,45 MPa
 - ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
 - : $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 1,45 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 - : 0,0037 ($\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ max}$)
 - Maka digunakan $\rho = 0,0037$
 - As perlu : $\rho b d = 0,0037 \times 1000 \times 252$
 - : $939,128 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As D16} = \frac{939,128}{201,06}$
 - : $4,67 \approx 5 \text{ buah}$
 - Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$
 - As Pakai : n Tulangan x As D16
 - : $5 \times 201,06 = 1005,31 \text{ mm}^2$
 - Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1005,31 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
 - : $11,83 \text{ mm}$
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{11,83}{0,764}$
 - : $15,47 \text{ mm}$
 - ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
 - : $\frac{(252-15,47)}{15,47} \times 0,003$
 - : $0,0459 > 0,005 \text{ (OK)}$

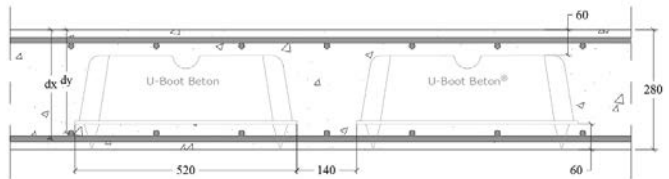
Maka akan dipasang tulangan D16 - 200 mm

- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: $1/3 \times \text{As Pakai}$
 - : $335,10 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As \text{ Tul. Tekan}}{As D16} = \frac{335,10}{201,6}$
 - : $1,67 \approx 2 \text{ buah}$
 - S : $\frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$

Maka akan dipasang tulangan D16 - 250

mm
- **Lapangan**

- Mu = 20,11 kNm
- f_c' = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- Diameter Tulangan = 16 mm
- As D16 = 201,06 mm²
- Cover = 20 mm



- d_x = $t - \text{cover} - (D/2)$
= $280 - 20 - (16/2)$
= 252 mm
- β_1 = $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
= 0,764
- ρ_{\min} = $1,4/f_y$
= 0,0035
- ρ_{balance} = $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
= $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
= 0,039
- ρ_{\max} = $0,75 \rho_{\text{balance}}$
= 0,0292
- m = $\frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
= 11,76
- Penulangan Lentur Daerah Lapangan
 - Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{20110000}{0,9}$
: 22.344.444 N.mm
 - Rn : $\frac{Mn}{b.d^2} = \frac{22.344.444}{1000 \times 252^2}$

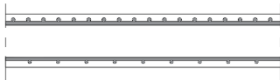
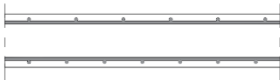
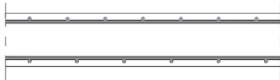
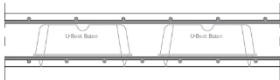
- : 0,352 MPa
 - ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
 - : $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,352 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 - : 0,0009 ($\rho \leq \rho \text{ min}$)
 - Maka digunakan $\rho = 0,0035$
 - As perlu : $\rho b d = 0,0035 \times 1000 \times 252$
 - : 882 mm^2
 - n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As D16} = \frac{882}{201,06}$
 - : $4,39 \approx 5 \text{ buah}$
 - Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$
 - As Pakai : n Tulangan x As D16
 - : $5 \times 201,06 = 1005,31 \text{ mm}^2$
 - Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1005,31 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
 - : $11,83 \text{ mm}$
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{11,83}{0,764}$
 - : $15,47$
 - ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
 - : $\frac{(252-15,47)}{15,47} \times 0,003$
 - : $0,0459 > 0,005 \text{ (OK)}$

Maka akan dipasang tulangan D16 - 200 mm

- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: $1/3 \times \text{As Pakai}$
 - : $335,10 \text{ mm}^2$
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As \text{ Tul. Tekan}}{As D16} = \frac{335,10}{201,6}$
 - : $1,67 \approx 2 \text{ buah}$
 - S : $\frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$

Maka akan dipasang tulangan D16 – 250 mm

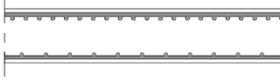
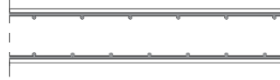
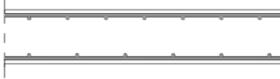
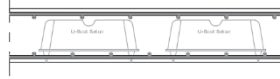
Dari Perhitungan sebelumnya berikut rekapitulasi penulangan lentur pelat arah X.

	Potongan Pelat 280 mm Arah X	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
Atas	D19 - 80 mm	D16 - 250 mm
Bawah	D16 - 150 mm	D16 - 200 mm
Lajur Tengah		
Atas	D16 - 200 mm	D16 - 250 mm
Bawah	D16 - 250 mm	D16 - 200 mm

Gambar 4.25 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 280 mm Arah X

4.7.2.1.3 Perencanaan Tulangan Arah Sumbu Y

Perhitungan tulangan arah sumbu Y menggunakan cara yang sama dengan perhitungan tulangan arah sumbu X baik lajur kolom maupun lajur tengah, maka didapatkan tulangan arah sumbu Y sebagai berikut.

	Potongan Pelat 280 mm Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
Atas	D19 - 70 mm	D16 - 250 mm
Bawah	D16 - 125 mm	D16 - 200 mm
Lajur Tengah		
Atas	D16 - 200 mm	D16 - 250 mm
Bawah	D16 - 250 mm	D16 - 200 mm

Gambar 4.26 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 280 mm Arah Y

4.7.2.1.4 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Gaya Geser Pada Muka Kolom

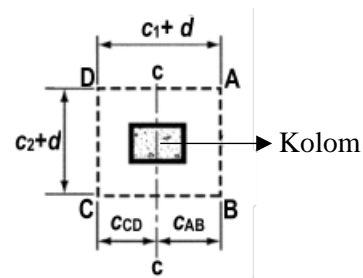
Dalam perencanaan pelat tanpa balok, perlu diperhatikan tebal pelat berdasarkan syarat gaya geser yang perlu dilakukan terutama pada muka kolom. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup untuk menahan *punching shear* pada area muka kolom.

– Kolom Interior

Tabel 4.16 Nilai V_u Muka Kolom Interior

Kolom Interior	
Ukuran (mm)	V_u (kN)
500x500	575,75
750x750	950,94
900x900	773,71

- Kolom 500x500



- V_u : 575750 N
- Tebal Pelat : 280 mm
- Drop Panel : 70 mm
- Cover : 20 mm
- C_1 dan C_2 : 500 mm
- d : $(280 + 70) - 20 - 19 - (19/2)$
: 301,5
- α_s : 40 (Kolom Interior)
- Keliling, b_o : $2 \times (C_1 + d + C_2 + d)$

- A_o : 3206 mm
: $b_o \times d$
: 966609 mm²
- V_{c1} : $0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} b_o d$
: 2078546,68 N
- V_{c2} : $0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f_c} b_o d$
: 2923541,91 N
- V_{c3} : $0,33 \sqrt{f_c} b_o d$
: 2037790,70 N
- V_c pakai : 2037790,70 N
- $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 575750$ N (Tidak Membutuhkan tulangan geser)

Dengan cara perhitungan yang sama di atas, maka didapatkan nilai pada kolom interior lainnya pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Kolom Interior

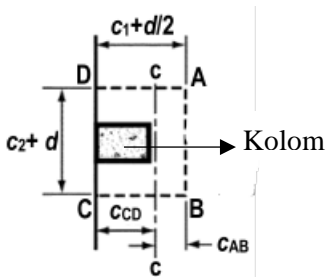
Kolom 750x750		
V_{c1} (N)	2779421	Tidak Dipakai
V_{c2} (N)	3323135	Tidak Dipakai
V_{c3} (N)	2724922	Dipakai
V_u (N)	950940	-
$0,75 V_c$	2043692	OK
Kolom 900x900		
V_{c1} (N)	5638148	Tidak Dipakai
V_{c2} (N)	3878047	Tidak Dipakai
V_{c3} (N)	5527596	Dipakai
V_u (N)	773710	-
$0,75 V_c$	2908536	OK

- **Kolom Eksterior**

Tabel 4.18 Nilai Vu Muka Kolom Eksterior

Kolom Eksterior	
Ukuran (mm)	Vu (kN)
500x500	265,76
750x750	325
900x900	308,28

- Kolom 500x500



- Vu : 265760 N
- Tebal Pelat : 280 mm
- Cover : 20 mm
- C₁ dan C₂ : 500 mm
- d : 280 - 20 - 19 - (19/2)
: 231,5
- α_s : 30 (Kolom Eksterior)
- Keliling, bo : 2 x (C₁ + d/2 + C₂ + d)
: 2694,5 mm
- A_o : bo x d
: 623776,75 mm²
- V_{c1} : 0,17 $\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} bo d$
: 1129089,19 N
- V_{c2} : 0,083 $\left(\frac{\alpha_s d}{bo} + 2\right) \sqrt{f_c} bo d$
: 1498866,76 N
- V_{c3} : 0,33 $\sqrt{f_c} bo d$
: 1315036,85 N

- V_c pakai : 1129089,19 N
- $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 265760$ N (Tidak Membutuhkan tulangan geser)

Dengan cara perhitungan yang sama di atas, maka didapatkan nilai pada kolom eksterior lainnya pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Kolom Eksterior

Kolom 750x750		
V_{c1} (N)	1622250	Dipakai
V_{c2} (N)	1741913	Tidak Dipakai
V_{c3} (N)	1803082	Tidak Dipakai
V_u (N)	325000	-
$0,75 V_c$	1216688	OK
Kolom 900x900		
V_{c1} (N)	1919132	Tidak Dipakai
V_{c2} (N)	1887741	Dipakai
V_{c3} (N)	2095909	Tidak Dipakai
V_u (N)	308280	-
$0,75 V_c$	1415806	OK

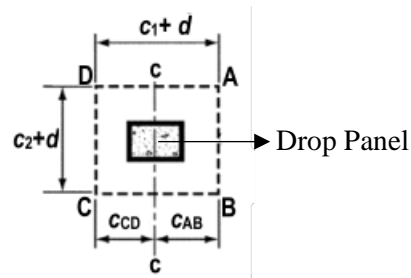
4.7.2.1.5 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser Pada Muka Drop Panel

Dalam perencanaan pelat tanpa balok, perlu diperhatikan tebal pelat berdasarkan syarat gaya geser yang perlu dilakukan terutama pada muka kolom. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup untuk menahan *punching shear*. Tak hanya dilakukan pengecekan dengan jarak $d/2$ dari kolom, namun juga $d/2$ dari drop panel. Pada kasus ini kolom yang ditinjau yaitu hanya kolom yang memiliki drop panel yaitu kolom interior.

Tabel 4.20 Nilai V_u Muka Drop Panel

Kolom Interior	
Ukuran (mm)	V_u (kN)
500x500	203,02
750x750	283,43
900x900	289,86

- Kolom 500x500



- V_u : 203020 N
- Tebal Pelat : 280 mm
- Drop Panel : 0 mm
- Cover : 20 mm
- C_1 dan C_2 : 2600 mm
- d : $(280 + 0) - 20 - 19 - (19/2)$
: 231,5
- α_s : 40 (Kolom Interior)
- Keliling, bo : $2 \times (C_1 + d + C_2 + d)$
: 11326 mm
- A_o : $bo \times d$
: 2621969 mm²
- V_{c1} : $0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} bo d$
: 5538148,09 N
- V_{c2} : $0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{bo} + 2\right) \sqrt{f_c} bo d$
: 3878047,34 N
- V_{c3} : $0,33 \sqrt{f_c} bo d$
: 5527595,99 N
- V_c pakai : 3878047,34 N
- $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 203020$ N (Tidak Membutuhkan tulangan geser)

Dengan cara perhitungan yang sama di atas, maka didapatkan nilai pada kolom interior lainnya pada Tabel 4.21

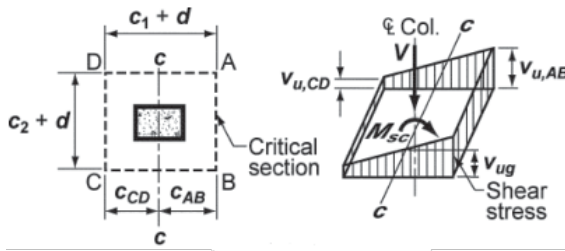
Tabel 4.21 Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Drop Panel

Kolom 750x750		
V_{c1} (N)	5638148	Tidak Dipakai
V_{c2} (N)	3878047	Dipakai
V_{c3} (N)	5527596	Tidak Dipakai
V_u (N)	283430	-
$0,75 V_c$	2908536	OK
Kolom 900x900		
V_{c1} (N)	5638148	Tidak Dipakai
V_{c2} (N)	3878047	Dipakai
V_{c3} (N)	5527596	Tidak Dipakai
V_u (N)	289860	-
$0,75 V_c$	2908536	OK

4.7.2.1.6 Penyaluran Momen Pada Pertemuan Kolom-Pelat

Berdasarkan ACI 318-14 Pasal 8.4.4.2, pada pelat dua arah apabila beban yang diterima menyebabkan penyaluran momen antara pelat kolom, maka sebagian dari momen tersebut dilimpahkan sebagai lentur sepanjang keliling penampang kritis. Sehingga perlu diperhitungkan untuk menjamin penyaluran momen terhadap kekuatan geser yang tersedia cukup.

- Kolom Interior



Gambar 4.27 Distribusi Tegangan Geser Pelat-Kolom Interior

Tabel 4.22 Nilai Vu dan Mu Pada Muka Kolom Interior

Kolom Interior		
Ukuran (mm)	Vu (kN)	Mu (kN.m)
500x500	575,75	225,35
750x750	950,94	310,23
900x900	773,71	290,19

- Kolom 500x500

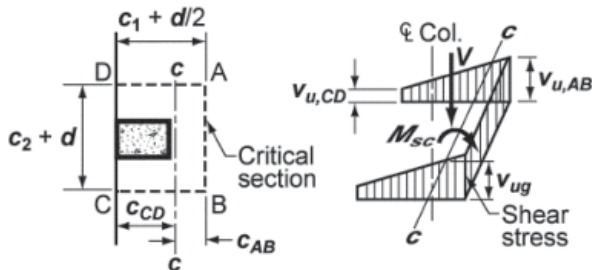
- Vu : 575750 N
- Mu : 225350000 Nmm
- Cover : 20 mm
- d : 301,5 mm
- $C_1 + d = C_2 + d$: 801,5 mm
- $C_{AB} = C_{CD}$: $0,5(C_1 + d) = 400,75$ mm
- Ao : 966609 mm²
- Jc : $\frac{d(c_1+d)^3}{6} + \frac{(c_1+d)d^3}{6a} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{6}$
: 107.153.088.285 mm⁴
- γ_f : $\frac{1}{\left(1+\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} = \frac{1}{\left(1+\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{801,5}{801,5}}}$
: 0,6
- γ_v : $1 - \gamma_f$
: 0,4
- v_{ug} : $\frac{v_u}{A_o}$
: 0,596 N/mm²
- $v_{u,AB}$: $v_{ug} + \frac{\gamma_v Mu C_{AB}}{Jc}$
: 0,933 N/mm²
- $v_{u,CD}$: $v_{ug} - \frac{\gamma_v Mu C_{CD}}{Jc}$
: 0,259 N/mm²
- v_u perlu : 0,933 N/mm²
- 0,75 Vc pakai : 2,108 N/mm²
- $\phi Vc > v_u$ perlu Maka tidak butuh tulangan geser

Dengan cara perhitungan yang sama di atas, maka didapatkan nilai pada kolom interior lainnya pada Tabel 4.23

Tabel 4.23 Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Muka Kolom Interior

Kolom 750x750		
V_{c1} (N/mm ²)	2,150	Tidak Dipakai
V_{c2} (N/mm ²)	2,571	Tidak Dipakai
V_{c3} (N/mm ²)	2,108	Dipakai
$v_{u,AB}$ (N/mm ²)	1,003	-
$v_{u,CD}$ (N/mm ²)	0,469	-
$0,75 V_c$	1,581	OK
Kolom 900x900		
V_{c1} (N/mm ²)	2,150	Tidak Dipakai
V_{c2} (N/mm ²)	2,367	Tidak Dipakai
V_{c3} (N/mm ²)	2,108	Dipakai
$v_{u,AB}$ (N/mm ²)	0,731	-
$v_{u,CD}$ (N/mm ²)	0,337	-
$0,75 V_c$	1,581	OK

- Kolom Eksterior



Gambar 4.28 Distribusi Tegangan Geser Pelat-Kolom Eksterior
Tabel 4.24 Nilai V_u dan M_u Muka Kolom Eksterior

Kolom Interior Eksterior		
Ukuran (mm)	V_u (kN)	M_u (kN.m)
500x500	265,76	116,49
750x750	325	167,52
900x900	308,28	154,53

- Kolom 500x500
 - V_u : 265750 N
 - M_u : 116490000 Nmm
 - Cover : 20 mm
 - d : 231,5 mm
 - C_{AB} : $0,5(C_1 + d) = 365,75$ mm
 - C_{CD} : $0,5(C_2 + d/2) = 307,875$ mm
 - A_o : 623776,75 mm²
 - J_c : $\frac{d(c_1+d)^3}{6} + \frac{(c_1+d)d^3}{6a} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{6}$
: 61.921.722.415 mm⁴
 - γ_f : $\frac{1}{\left(1+\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}$
: 0,58
 - γ_v : $1 - \gamma_f$
: 0,42
 - v_{ug} : $\frac{v_u}{A_o}$
: 0,426 N/mm²
 - $v_{u,AB}$: $v_{ug} + \frac{\gamma_v M_u C_{AB}}{J_c}$
: 0,716 N/mm²
 - $v_{u,CD}$: $v_{ug} - \frac{\gamma_v M_u C_{CD}}{J_c}$
: 0,182 N/mm²
 - v_u perlu : 0,716 N/mm²
 - 0,75 V_c pakai : 1,810 N/mm²
 - $\phi V_c > v_u$ perlu Maka tidak butuh tulangan geser

Dengan cara perhitungan yang sama di atas, maka didapatkan nilai pada kolom eksterior lainnya pada Tabel 4.25

Tabel 4.25 Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Muka Kolom Eksterior

Kolom 750x750		
Vc1 (N/mm ²)	1,897	Dipakai
Vc2 (N/mm ²)	2,037	Tidak Dipakai
Vc3 (N/mm ²)	2,108	Tidak Dipakai
$v_{u,AB}$ (N/mm ²)	0,611	-
$v_{u,CD}$ (N/mm ²)	0,177	-
0,75 Vc	1,423	OK
Kolom 900x900		
Vc1 (N/mm ²)	1,930	Tidak Dipakai
Vc2 (N/mm ²)	1,899	Dipakai
Vc3 (N/mm ²)	2,108	Tidak Dipakai
$v_{u,AB}$ (N/mm ²)	0,470	-
$v_{u,CD}$ (N/mm ²)	0,167	-
0,75 Vc	1,424	OK

4.7.2.1.7 Penyaluran Momen Pada Pertemuan Drop Panel-Pelat

Berdasarkan ACI 318-14 Pasal 8.4.4.2, pada pelat dua arah apabila beban yang diterima menyebabkan penyaluran momen antara pelat kolom, maka sebagian dari momen tersebut dilimpahkan sebagai lentur sepanjang keliling penampang kritis. Sehingga perlu diperhitungkan untuk menjamin penyaluran momen terhadap kekuatan geser yang tersedia cukup. Tak hanya dilakukan pengecekan dengan jarak $d/2$ dari kolom, namun juga $d/2$ dari drop panel. Pada kasus ini kolom yang ditinjau yaitu hanya kolom yang memiliki drop panel yaitu kolom interior.

Tabel 4.26 Nilai Vu dan Mu Pada Muka Drop Panel

Kolom Interior		
Ukuran (mm)	Vu (kN)	Mu (kN.m)
500x500	203,02	58,83
750x750	283,43	82,35
900x900	289,86	84,18

- Kolom 500x500
 - Vu : 203020 N

- Mu : 58830000 Nmm
- Cover : 20 mm
- d : 231,5 mm
- $C_1 + d = C_2 + d$: 2831,5 mm
- $C_{AB} = C_{CD}$: $0,5(C_1 + d) = 1415,75$ mm
- A_o : 2621969 mm²
- J_c : $\frac{d(c_1+d)^3}{6} + \frac{(c_1+d)d^3}{6a} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{6}$
: 3.509.413.874.146 mm⁴
- γ_f : $\frac{1}{(1+\frac{2}{3})\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}$
: 0,6
- γ_v : $1 - \gamma_f$
: 0,4
- v_{ug} : $\frac{v_u}{A_o}$
: 0,077 N/mm²
- $v_{u,AB}$: $v_{ug} + \frac{\gamma_v Mu C_{AB}}{J_c}$
: 0,087 N/mm²
- $v_{u,CD}$: $v_{ug} - \frac{\gamma_v Mu C_{CD}}{J_c}$
: 0,068 N/mm²
- v_u perlu : 0,087 N/mm²
- 0,75 Vc pakai : 1,479 N/mm²
- $\phi V_c > v_u$ perlu Maka tidak butuh tulangan geser

Dengan cara perhitungan yang sama di atas, maka didapatkan nilai pada muka drop panel lainnya pada Tabel 4.27

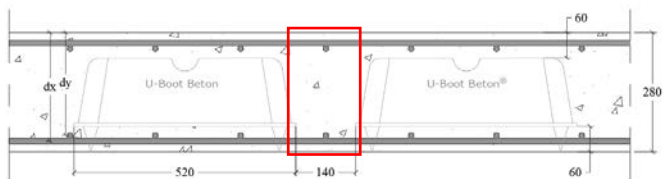
Tabel 4.27 Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Muka Kolom Interior

Kolom 750x750		
V_{c1} (N/mm ²)	2,150	Tidak Dipakai
V_{c2} (N/mm ²)	1,479	Dipakai
V_{c3} (N/mm ²)	2,108	Tidak Dipakai
$v_{u,AB}$ (N/mm ²)	0,121	-
$v_{u,CD}$ (N/mm ²)	0,095	-
0,75 V_c	1,109	OK
Kolom 900x900		
V_{c1} (N/mm ²)	2,150	Tidak Dipakai
V_{c2} (N/mm ²)	1,479	Dipakai
V_{c3} (N/mm ²)	2,108	Tidak Dipakai
$v_{u,AB}$ (N/mm ²)	0,124	-
$v_{u,CD}$ (N/mm ²)	0,097	-
0,75 V_c	1,109	OK

4.7.2.1.8 Pemeriksaan Kebutuhan Tulangan Geser antar U-Boot

Dalam pemasangan pelat U-Boot terdapat rongga-rongga antar U-Boot sistem yang akan dicor dengan beton sehingga membentuk sebuah balok monolit berbentuk “T”. Untuk memastikan pelat tersebut mampu menahan gaya geser yang diterima maka perlu dilakukan pemeriksaan kemampuan geser antar U-Boot.

Pada kasus tugas akhir ini didapatkan nilai V_u terbesar pada area pelat yang dipasang sistem U-Boot tipe H16 dari program bantu sebesar 10,42 kN.



- b_o : 140 mm
- d : 260 mm

- V_c : $0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} b o d$
: 39136,35 N
- V_u : 10420 N
- $0,5 \phi V_c > V_u = 14676,13 > 10420$ N (OK)

Maka pada pelat U-Boot tidak memerlukan tulangan geser.

4.7.2.1.9 Kontrol Lentutan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5 tentang kontrol defleksi yang harus direncanakan agar mempunyai kekuatan yang cukup untuk membatasi defleksi yang dapat memperlemah kekuatan atau mengurangi beban layan dan kenyamanan dalam pemakaian struktur. Maka harus direncanakan lendutan yang terjadi tidak melewati batas lendutan yang ditentukan ($\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$).

- Q_{DL} : 7,37 kN/m²
- Q_{LL} : 1,92 kN/m²
- Q_u : $Q_{DL} + Q_{LL} = 7,37 + 1,92$
: 9,29 N/mm²
- M_u : 290,19 kNm
- b : 660 mm
- h : 280 mm
- d : 231,5 mm
- n : $\frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4700 \sqrt{f_c}} = \frac{200000}{29725,41}$
: 6,73
- I_g : $\frac{660 \times 280^3}{12} - \frac{(660-140) \times 160^3}{12}$
: 1.029.866.667 mm⁴
- A_s : 1323,14 mm²
- A_s' : 3969,41 mm²
- y : $\frac{n A_s}{b} \left(\sqrt{\left(1 + \frac{2 b d}{n A_s}\right)} - 1 \right)$
: 69,92 mm
- y_t : $h \text{ pelat} / 2 = 140$ mm

- $I_{cr} : \frac{b y^3}{3} + n A_s (d - y) + n A_s' (y - d)^2$
: 774.476.741 mm⁴
- $f_r : 0,62 \sqrt{f_c} = 3,921 \text{ MPa}$
- $M_{cr} : \frac{f_r I_g}{y_t}$
: 28.845.273 Nmm
- $I_e : \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left(1 - \frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_{cr}$
: 774.727.571 mm⁴
- $\Delta_{terjadi} : \frac{5}{384} \times \frac{Q_u \times L^4}{E_c \times I_e} = \frac{5}{384} \times \frac{9,29 \times 7800^4}{29725,41 \times 774.727.571}$
: 19,44 mm
- $\Delta_{ijin} : \frac{L}{360} = \frac{7800}{360}$ (SNI 2847-2013, Tabel 9.5(b))
: 21,67 mm ($\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$)

4.7.2.1.10 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Dalam perencanaan struktur modifikasi apartemen Amega Crown Surabaya ini sambungan tulangan pelat ke balok tepi menggunakan tulangan yang memanjang diatas balok, begitu juga dengan sambungan tulangan pelat ke pelat. Data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$d_{b \text{ tarik}} = 19 \text{ mm}$$

$$d_{b \text{ tekan}} = 16 \text{ mm}$$

$$f_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

➤ Panjang Penyaluran Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.1 bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sebagai berikut:

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \times 19 = 572,22 \text{ mm}$$

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah dengan kondisi tarik sepanjang 600 mm.

➤ Panjang Penyaluran Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.3.1 bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sebagai berikut:

$$l_d = \frac{0,24 f_y}{\sqrt{f_c}} \times db$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400}{\sqrt{40}} \times 16 = 242,86 \text{ mm}$$

$$l_d > 200 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah dengan kondisi tekan sepanjang 250 mm.

4.7.2.2 Penulangan Pelat U-Boot 250 mm

Berdasarkan hasil analisa struktur pada ETABS didapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat yang ditunjukkan pada Tabel 4.28.

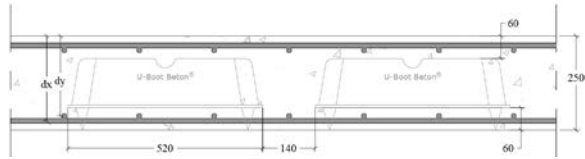
Tabel 4.28 Rekapitulasi Nilai Momen dari ETABS

Letak	M11 (kN.m)		M22 kN.m	
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	132,6	24,25	134,69	29,97
Lapangan	12,61	16,14	12,39	22,91

4.7.2.2.1 Perencanaan Tulangan Lajur Kolom Arah Sumbu X

- Tumpuan

- M_u = 132,60 kNm
- f_c' = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- Diameter Tulangan = 16 mm
- A_s D16 = 201,06 mm²
- Cover = 20 mm



- $dx = t - \text{cover} - (D/2)$
 $= 250 - 20 - (16/2)$
 $= 222 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(fc-28)}{7}$
 $= 0,764$
- $\rho_{\min} = 1,4/fy$
 $= 0,0035$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right)$
 $= 0,039$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,0292$
- $m = \frac{fy}{0,85 \times fc}$
 $= 11,76$
- Penulangan Lentur Daerah Tumpuan
 - $Mn : \frac{Mu}{\phi} = \frac{1322600000}{0,9}$
 $: 147.333.333 \text{ N.mm}$
 - $Rn : \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{147.333.333}{1000 \times 222^2}$
 $: 2,99 \text{ MPa}$
 - $\rho_{\text{perlu}} : \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
 $: \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 2,99 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 $: 0,0078 \text{ } (\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max})$
 - Maka digunakan $\rho = 0,0078$
 - As perlu : $\rho b d = 0,0078 \times 1000 \times 222$
 $: 1739,32 \text{ mm}^2$

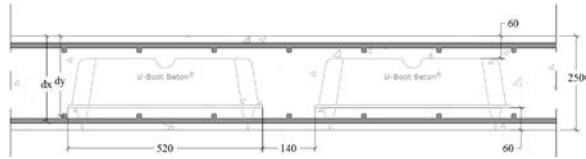
- n Tulangan : $\frac{As\ perlu}{As\ D16} = \frac{1739,32}{201,06}$
: $8,65 \approx 10$ buah
- Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{10} = 100$ mm
- As Pakai : n Tulangan x As D16
: $10 \times 201,06 = 2010,62$ mm²
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{2010,62 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
: 23,65 mm
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{23,65}{0,764}$
: 30,95
 - ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
 $\frac{(222-30,95)}{30,95} \times 0,003$
: 0,0185 > 0,005 (OK)

Maka akan dipasang tulangan D16 - 100 mm

- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: $1/3 \times$ As Pakai
: 670,21 mm²
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As\ Tul.\ Tekan}{As\ D10} = \frac{670,21}{78,54}$
: $8,53 \approx 10$ buah
 - S : $\frac{1000}{10} = 100$ mm

Maka akan dipasang tulangan D10 - 100 mm

- **Lapangan**
 - Mu = 12,62 kNm
 - fc' = 40 MPa
 - fy = 400 MPa
 - Diameter Tulangan = 16 mm
 - As D16 = 201,06 mm²
 - Cover = 20 mm



- $dx = t - \text{cover} - (D/2)$
 $= 250 - 20 - (16/2)$
 $= 222 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 $= 0,764$
- $\rho_{\min} = 1,4/f_y$
 $= 0,0035$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,0292$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
 $= 11,76$
- Penulangan Lentur Daerah Lapangan
 - $M_n : \frac{M_u}{\phi} = \frac{12610000}{0,9}$
 $: 14.011.111 \text{ N.mm}$
 - $R_n : \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{14.011.111}{1000 \times 222^2}$
 $: 0,285 \text{ MPa}$
 - $\rho_{\text{perlu}} : \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$
 $: \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,285 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 $: 0,0007 \text{ } (\rho \leq \rho_{\min})$
 - Maka digunakan $\rho = 0,0035$
 - As perlu : $\rho b d = 0,0035 \times 1000 \times 222$
 $: 777 \text{ mm}^2$

- n Tulangan : $\frac{As\ perlu}{As\ D16} = \frac{777}{210,06}$
: $3,86 \approx 4$ buah
- Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{4} = 250$ mm
- S pakai : 250 mm
- As Pakai : n Tulangan x As D16
: $4 \times 210,06 = 804,24$ mm²
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{804,25 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
: 9,46 mm
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{9,46}{0,764}$
: 12,38
 - ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
 $\frac{(222-12,38)}{12,38} \times 0,003$
: $0,0508 > 0,005$ (OK)

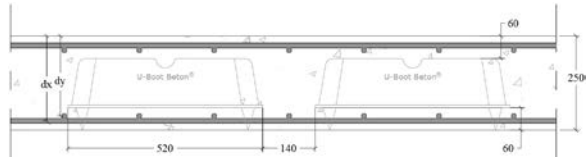
Maka akan dipasang tulangan D16 - 250 mm

- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: $1/3 \times$ As Pakai
: 268,08 mm²
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As\ Tul.\ Tekan}{As\ D10} = \frac{268,08}{78,54}$
: $3,38 \approx 4$ buah
 - S : $\frac{1000}{4} = 250$ mm

Maka akan dipasang tulangan D10 - 250 mm

4.7.2.2.2 Perencanaan Tulangan Lajur Tengah Arah X

- Tumpuan
 - Mu = 24,25 kNm
 - fc' = 40 MPa
 - fy = 400 MPa
 - Diameter Tulangan = 16 mm
 - As D16 = 201,06 mm²
 - Cover = 20 mm



- $dx = t - \text{cover} - (D/2)$
 $= 250 - 20 - (16/2)$
 $= 222 \text{ mm}$
 - $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 $= 0,764$
 - $\rho_{\min} = 1,4/f_y$
 $= 0,0035$
 - $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
 - $\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,0292$
 - $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
 $= 11,76$
- Penulangan Lentur Daerah Tumpuan
 - $M_n : \frac{Mu}{\phi} = \frac{242500000}{0,9}$
 $: 26.944.444 \text{ N.mm}$
 - $R_n : \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{26.944.444}{1000 \times 222^2}$
 $: 0,546 \text{ MPa}$
 - $\rho_{\text{perlu}} : \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$
 $: \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,55 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 $: 0,0014 \text{ } (\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max})$
 - Maka digunakan $\rho = 0,0035$
 - As perlu : $\rho b d = 0,0035 \times 1000 \times 222$
 $: 777 \text{ mm}^2$

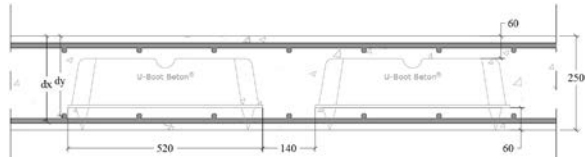
- n Tulangan : $\frac{As\ perlu}{As\ D16} = \frac{777}{201,06}$
: 3,86 \approx 4 buah
- Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{4} = 250\text{ mm}$
- As Pakai : n Tulangan x As D16
: 4 x 201,06 = 804,25 mm²
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As\ x\ fy}{0,85\ x\ fc\ x\ b} = \frac{804,25\ x\ 400}{0,85\ x\ 40\ x\ 1000}$
: 9,46 mm
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{9,46}{0,764}$
: 12,38
 - ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
 $\frac{(222-12,38)}{12,38} \times 0,003$
: 0,00485 > 0,005 (OK)

Maka akan dipasang tulangan D16 - 250 mm

- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: 1/3 x As Pakai
: 268,08 mm²
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As\ Tul.\ Tekan}{As\ D10} = \frac{268,08}{78,54}$
: 3,41 \approx 4 buah
 - S : $\frac{1000}{4} = 250\text{ mm}$

Maka akan dipasang tulangan D10 - 250 mm

- **Lapangan**
 - Mu = 24,25 kNm
 - fc' = 40 MPa
 - fy = 400 MPa
 - Diameter Tulangan = 16 mm
 - As D16 = 201,06 mm²
 - Cover = 20 mm



- $dx = t - \text{cover} - (D/2)$
 $= 250 - 20 - (16/2)$
 $= 222 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 $= 0,764$
- $\rho_{\min} = 1,4/f_y$
 $= 0,0035$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,0292$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$
 $= 11,76$
- Penulangan Lentur Daerah Lapangan
 - $M_n : \frac{M_u}{\phi} = \frac{16140000}{0,9}$
 $: 17.933.333 \text{ N.mm}$
 - $R_n : \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{17.933.333}{1000 \times 222^2}$
 $: 0,359 \text{ MPa}$
 - $\rho_{\text{perlu}} : \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$
 $: \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,28 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 $: 0,0009 \text{ } (\rho \leq \rho_{\min})$
 - Maka digunakan $\rho = 0,0035$
 - As perlu : $\rho b d = 0,0035 \times 1000 \times 222$
 $: 777 \text{ mm}^2$

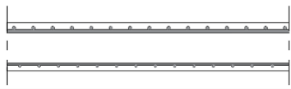
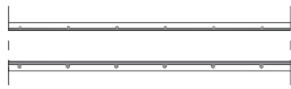
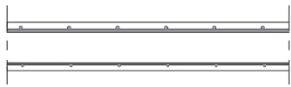
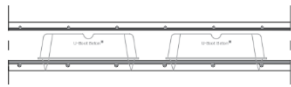
- n Tulangan : $\frac{As\ perlu}{As\ D16} = \frac{777}{201,06}$
: $3,86 \approx 4$ buah
- Jarak Tulangan, S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{4} = 250$ mm
- S pakai : 250 mm
- As Pakai : n Tulangan x As D16
: $4 \times 201,06 = 804,24$ mm²
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{804,24 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
: 9,46 mm
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{9,46}{0,764}$
: 12,38
 - ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
 $\frac{(222-12,38)}{12,38} \times 0,003$
: $0,0517 > 0,005$ (OK)

Maka akan dipasang tulangan D16 - 250 mm

- Perhitungan Tulangan Tekan
 - As Tulangan Tekan: $1/3 \times$ As Pakai
: 268,08 mm²
 - n Tulangan Tekan : $\frac{As\ Tul.\ Tekan}{As\ D10} = \frac{268,08}{78,54}$
: $3,41 \approx 4$ buah
 - S : $\frac{1000}{4} = 250$ mm

Maka akan dipasang tulangan D10 - 250 mm

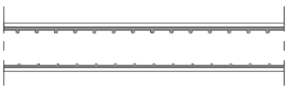
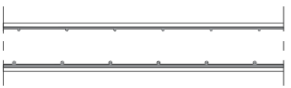
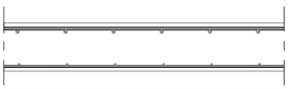
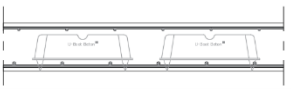
Dari Perhitungan sebelumnya berikut rekapitulasi penulangan lentur pelat arah X.

	Potongan Pelat 250 mm Arah X	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
Atas	D16 - 100 mm	D10 - 250 mm
Bawah	D10 - 100 mm	D16 - 250 mm
Lajur Tengah		
Atas	D16 - 250 mm	D10 - 250 mm
Bawah	D10 - 250 mm	D16 - 250 mm

Gambar 4.29 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 250 mm Arah X

4.7.2.2.3 Perencanaan Tulangan Arah Sumbu Y

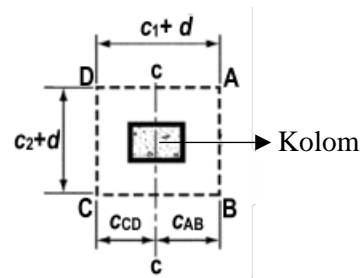
Perhitungan tulangan arah sumbu Y menggunakan cara yang sama dengan perhitungan tulangan arah sumbu X baik lajur kolom maupun lajur tengah, maka didapatkan tulangan arah sumbu Y sebagai berikut.

	Potongan Pelat 250 mm Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
Atas	D16 - 100 mm	D10 - 250 mm
Bawah	D10 - 100 mm	D16 - 250 mm
Lajur Tengah		
Atas	D16 - 250 mm	D10 - 250 mm
Bawah	D10 - 250 mm	D16 - 250 mm

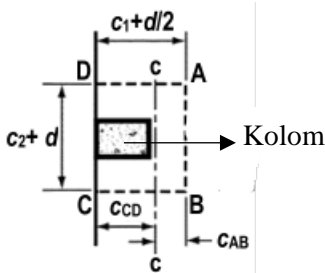
Gambar 4.30 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat U-Boot 250 mm Arah Y

4.7.2.2.4 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Gaya Geser Pada Muka Kolom

- **Kolom Interior**
 - Kolom 500x500



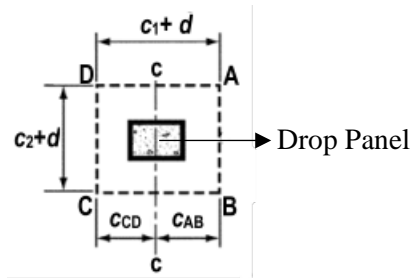
- V_u : 345940 N
- Tebal Pelat : 250 mm
- Drop Panel : 70 mm
- Cover : 20 mm
- C_1 dan C_2 : 500 mm
- d : $(250 + 70) - 20 - 16 - (16/2)$
: 276
- α_s : 40 (Kolom Interior)
- Keliling, b_o : $2 \times (C_1 + d + C_2 + d)$
: 3104 mm
- A_o : $b_o \times d$
: 856704 mm²
- V_{c1} : $0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} b_o d$
: 1842212,60 N
- V_{c2} : $0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f_c} b_o d$
: 2498940,49 N
- V_{c3} : $0,33 \sqrt{f_c} b_o d$
: 1806090,61 N
- V_c pakai : 1806090,61 N
- $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 345940$ N (Tidak Membutuhkan tulangan geser)
- **Kolom Eksterior**
 - Kolom 500x500



- V_u : 152350 N
- Tebal Pelat : 250 mm
- Cover : 20 mm
- C_1 dan C_2 : 500 mm
- d : $250 - 20 - 16 - (16/2)$
: 210,5
- α_s : 30 (Kolom Eksterior)
- Keliling, b_o : $2 \times (C_1 + d/2 + C_2 + d)$
: 2631,5 mm
- A_o : $b_o \times d$
: 553950,75 mm²
- V_{c1} : $0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} b_o d$
: 1014694,19 N
- V_{c2} : $0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f_c} b_o d$
: 1498866,76 N
- V_{c3} : $0,33 \sqrt{f_c} b_o d$
: 1167788,56 N
- V_c pakai : 1014694,19 N
- $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 152350$ N (Tidak Membutuhkan tulangan geser)

4.7.2.2.5 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser Pada Muka Drop Panel

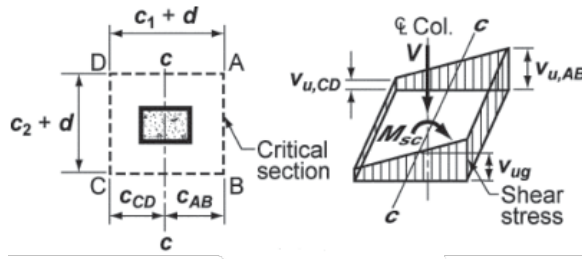
- Kolom 500x500



- V_u : 78240 N
- Tebal Pelat : 250 mm
- Drop Panel : 0 mm
- Cover : 20 mm
- C_1 dan C_2 : 2600 mm
- d : $(250 + 0) - 20 - 16 - (16/2)$
: 206 mm
- α_s : 40 (Kolom Interior)
- Keliling, bo : $2 \times (C_1 + d + C_2 + d)$
: 11224 mm
- A_o : $bo \times d$
: 2312144 mm²
- V_{c1} : $0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} bo d$
: 4971916,26 N
- V_{c2} : $0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{bo} + 2\right) \sqrt{f_c} bo d$
: 3318515,83 N
- V_{c3} : $0,33 \sqrt{f_c} bo d$
: 4874427,55 N
- V_c pakai : 3318515,83 N
- $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 78240$ N (Tidak Membutuhkan tulangan geser)

4.7.2.2.6 Penyaluran Momen Pada Pertemuan Kolom-Pelat

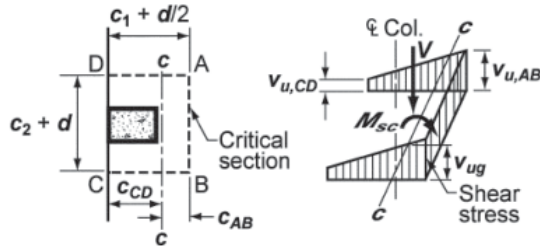
- Kolom Interior



Gambar 4.27 Distribusi Tegangan Geser Pelat-Kolom Interior

- Kolom 500x500
 - V_u : 345940 N
 - M_u : 134690000 Nmm
 - Cover : 20 mm
 - d : 276 mm
 - $C_1 + d = C_2 + d$: 776 mm
 - $C_{AB} = C_{CD}$: $0,5(C_1 + d) = 388$ mm
 - A_o : 856704 mm²
 - J_c : $\frac{d(c_1+d)^3}{6} + \frac{(c_1+d)d^3}{6a} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{6}$
: 88.700.276.480 mm⁴
 - γ_f : $\frac{1}{(1+\frac{2}{3})\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} = \frac{1}{(1+\frac{2}{3})\sqrt{\frac{776}{776}}}$
: 0,6
 - γ_v : $1 - \gamma_f$
: 0,4
 - $v_{u,g}$: $\frac{v_u}{A_o}$
: 0,404 N/mm²
 - $v_{u,AB}$: $v_{u,g} + \frac{\gamma_v M_u C_{AB}}{J_c}$
: 0,639 N/mm²
 - $v_{u,CD}$: $v_{u,g} - \frac{\gamma_v M_u C_{CD}}{J_c}$
: 0,168 N/mm²
 - v_u perlu : 0,639 N/mm²
 - 0,75 V_c pakai : 2,108 N/mm²

- $\phi V_c > v_u$ perlu Maka tidak butuh tulangan geser
- **Kolom Eksterior**



Gambar 4.27 Distribusi Tegangan Geser Pelat-Kolom Eksterior

- Kolom 500x500

- V_u : 152350 N
- M_u : 143180000 Nmm
- Cover : 20 mm
- d : 231,5 mm
- C_{AB} : $0,5(C_1 + d) = 355,25$ mm
- C_{CD} : $0,5(C_2 + d/2) = 302,625$ mm
- A_o : $553930,75$ mm²
- J_c : $\frac{d(c_1+d)^3}{6} + \frac{(c_1+d)d^3}{6a} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{6}$
: $51.437.540.140$ mm⁴
- γ_f : $\frac{1}{(1+\frac{2}{3})\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}$
: $0,58$
- γ_v : $1 - \gamma_f$
: $0,42$
- v_{ug} : $\frac{v_u}{A_o}$
: $0,275$ N/mm²
- $v_{u,AB}$: $v_{ug} + \frac{\gamma_v M_u C_{AB}}{J_c}$
: $0,690$ N/mm²
- $v_{u,CD}$: $v_{ug} - \frac{\gamma_v M_u C_{CD}}{J_c}$

- : $-0,140 \text{ N/mm}^2$
- v_u perlu : $0,690 \text{ N/mm}^2$
- $0,75 V_c$ pakai : $1,832 \text{ N/mm}^2$
- $\phi V_c > v_u$ perlu Maka tidak butuh tulangan geser

4.7.2.2.7 Penyaluran Momen Pada Pertemuan Drop Panel-Pelat

- Kolom 500x500
 - V_u : 78240 N
 - M_u : 43140000 Nmm
 - Cover : 20 mm
 - d : 206 mm
 - $C_1 + d = C_2 + d$: 2806 mm
 - $C_{AB} = C_{CD}$: $0,5(C_1 + d) = 1403 \text{ mm}$
 - A_o : 2312144 mm^2
 - J_c : $\frac{d(c_1+d)^3}{6} + \frac{(c_1+d)d^3}{6a} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{6}$
: $3.038.251.628.547 \text{ mm}^4$
 - γ_f : $\frac{1}{\left(1+\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}$
: 0,6
 - γ_v : $1 - \gamma_f$
: 0,4
 - v_{ug} : $\frac{v_u}{A_o}$
: $0,077 \text{ N/mm}^2$
 - $v_{u,AB}$: $v_{ug} + \frac{\gamma_v M_u C_{AB}}{J_c}$
: $0,042 \text{ N/mm}^2$
 - $v_{u,CD}$: $v_{ug} - \frac{\gamma_v M_u C_{CD}}{J_c}$
: $0,026 \text{ N/mm}^2$
 - v_u perlu : $0,042 \text{ N/mm}^2$
 - $0,75 V_c$ pakai : $1,435 \text{ N/mm}^2$
 - $\phi V_c > v_u$ perlu Maka tidak butuh tulangan geser

4.7.2.2.8 Pemeriksaan Kebutuhan Tulangan Geser antar U-Boot

Pada kasus tugas akhir ini didapatkan nilai V_u terbesar pada area pelat yang dipasang sistem U-Boot tipe H13 dari program bantu sebesar 6,36 kN.

- b_o : 140 mm
- d : 230 mm
- V_c : $0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c} b_o d$
: 34620,61 N
- V_u : 6360 N
- $0,5 \phi V_c > V_u = 12982,73 > 6360 \text{ N (OK)}$

Maka pada pelat U-Boot tidak memerlukan tulangan geser.

4.7.2.2.9 Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5 tentang kontrol defleksi yang harus direncanakan agar mempunyai kekuatan yang cukup untuk membatasi defleksi yang dapat memperlemah kekuatan atau mengurangi beban layan dan kenyamanan dalam pemakaian struktur. Maka harus direncanakan lendutan yang terjadi tidak melewati batas lendutan yang ditentukan ($\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$).

- Q_{DL} : 6,41 kN/m²
- Q_{LL} : 0,96 kN/m²
- Q_u : $Q_{DL} + Q_{LL} = 6,41 + 0,96$
: 7,37 N/mm²
- M_u : 16,14 kNm (Di area U-Boot)
- b : 660 mm
- h : 250 mm
- d : 222 mm
- n : $\frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4700\sqrt{f_c}} = \frac{200000}{29725,41}$
: 6,73
- I_g : $\frac{660 \times 260^3}{12} - \frac{(660-140) \times 130^3}{12}$
: 764.171.667 mm⁴

- A_s : 796,40 mm²
- $A_{s'}$: 265,47 mm²
- y : $\frac{n A_s}{b} \left(\sqrt{\left(1 + \frac{2 b d}{n A_s} \right)} - 1 \right)$
: 52,47 mm
- y_t : h pelat/2 = 125 mm
- I_{cr} : $\frac{b y^3}{3} + n A_s (d - y) + n A_{s'} (y - d)^2$
: 84.018.589 mm⁴
- f_r : $0,62 \sqrt{f_c} = 3,921$ MPa
- M_{cr} : $\frac{f_r I_g}{y_t}$
: 23.971.908 Nmm
- I_e : $\left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left(1 - \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_{cr}$
: 2.312.473.680 mm⁴
- $\Delta_{terjadi}$: $\frac{5}{384} \times \frac{Q_u \times L^4}{E_c \times I_e} = \frac{5}{384} \times \frac{7,37 \times 7800^4}{29725,41 \times 774.727.571}$
: 5,17 mm
- Δ_{ijin} : $\frac{L}{360} = \frac{7800}{360}$ (SNI 2847-2013, Tabel 9.5(b))
: 21,67 mm ($\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$)

4.7.2.2.10 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Dalam perencanaan struktur modifikasi apartemen Amega Crown Surabaya ini sambungan tulangan pelat ke balok tepi menggunakan tulangan yang memanjang diatas balok, begitu juga dengan sambungan tulangan pelat ke pelat. Data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$d_{b \text{ tarik}} = 16 \text{ mm}$$

$$d_{b \text{ tekan}} = 10 \text{ mm}$$

$$f_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

➤ **Panjang Penyaluran Kondisi Tarik**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.1 bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tarik direncanakan sebagai berikut:

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \times db$$

$$l_d = \frac{400 \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \times 16 = 481,87 \text{ mm}$$

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah dengan kondisi tarik sepanjang 500 mm.

➤ **Panjang Penyaluran Kondisi Tekan**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.3.1 bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tekan direncanakan sebagai berikut:

$$l_d = \frac{0,24 f_y}{\sqrt{f_c}} \times db$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400}{\sqrt{40}} \times 10 = 151,79 \text{ mm}$$

$$l_d > 200 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran pada daerah dengan kondisi tekan sepanjang 200 mm.

4.7.3 Perencanaan Drop Panel

Penebalan pada pelat sekitar kolom atau drop panel digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan negatif pada bagian flat slab.

4.7.3.1 Drop Panel Lantai Atap

- **Data Perencanaan**

- Panjang	: 2600 mm
- Lebar	: 2600 mm
- Tebal	: 70 mm
- f_c	: 40 MPa
- f_y	: 400 MPa
- Cover	: 30 mm

- Diameter tulangan : 16 mm
- Tebal pelat : 250 mm
- dx : $250 + 70 - 30 - 16/2$
: 282 mm
- dy : $250 + 70 - 30 - 16 - 16/2$
: 266 mm
- M_x (ETABS) : 132600000 Nmm
- M_y (ETABS) : 134690000 Nmm
- β_1 : $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7} = 0,764$
- ρ_{min} : $1,4/f_y = 0,0035$
- $\rho_{balance}$: $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
: $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
: 0,039
- ρ_{max} : $0,75 \rho_{balance}$
: 0,0292
- m : $\frac{f_y}{0,85 \times f_c} = 11,76$

• **Penulangan Drop Panel Arah X**

- M_n : $\frac{M_u}{\phi} = \frac{132600000}{0,9}$
: 147.333.333 N.mm
- R_n : $\frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{147.333.333}{1000 \times 282^2}$
: 1,852 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$
: $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 1,852 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
: 0,0048 ($\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$)
- Maka digunakan $\rho = 0,0048$
- A_s perlu : $\rho b d = 0,0048 \times 1000 \times 282$
: 1343,82 mm²
- n Tulangan : $\frac{A_s \text{ perlu}}{A_s D16} = \frac{1343,82}{201,06}$

$$\begin{aligned}
 & : 6,68 \approx 8 \text{ buah} \\
 - \text{ S} & : \frac{1000}{n} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm} \\
 - \text{ As Pakai} & : n \text{ Tulangan} \times \text{As D16} \\
 & : 8 \times 201,06 = 1608,50 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ Cek Tulangan Terkendali Tarik} \\
 \text{a} & : \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1608,50 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} \\
 & : 18,92 \text{ mm} \\
 \text{c} & : \frac{a}{\beta_1} = \frac{18,92}{0,764} \\
 & : 24,76 \\
 \epsilon_t & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(282-24,76)}{24,76} \times 0,003 \\
 & : 0,031 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka akan dipasang tulangan D16 - 125 mm

• **Penulangan Drop Panel Arah Y**

$$\begin{aligned}
 - \text{ Mn} & : \frac{Mu}{\phi} = \frac{134690000}{0,9} \\
 & : 149.655.556 \text{ N.mm} \\
 - \text{ Rn} & : \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{149.655.556}{1000 \times 266^2} \\
 & : 2,115 \text{ MPa} \\
 - \rho \text{ perlu} & : \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2Rn m}{fy}} \right) \right) \\
 & : \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 2,115 \times 11,76}{400}} \right) \right) \\
 & : 0,0055 \text{ } (\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ max}) \\
 - \text{ Maka digunakan } \rho & = 0,0055 \\
 - \text{ As perlu} & : \rho b d = 0,0055 \times 1000 \times 282 \\
 & : 1453,24 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ n Tulangan} & : \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D16}} = \frac{1353,24}{201,06} \\
 & : 7,23 \approx 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm}$
- As Pakai : n Tulangan x As D16
: $8 \times 201,06 = 1608,50 \text{ mm}^2$
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1608,50 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
: 18,92 mm
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{18,92}{0,764}$
: 24,76
 - ϵ_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$
 $\frac{(266-24,76)}{24,76} \times 0,003$
: $0,029 > 0,005 \text{ (OK)}$

Maka akan dipasang tulangan D16 - 125 mm

4.7.3.2 Drop Panel Lantai Apartemen

- **Data Perencanaan**

- Panjang : 2600 mm
- Lebar : 2600 mm
- Tebal : 70 mm
- f_c : 40 MPa
- f_y : 400 MPa
- Cover : 30 mm
- Diameter tulangan : 19 mm
- Tebal pelat : 280 mm
- dx : $280 + 70 - 30 - 19/2$
: 310,5 mm
- dy : $280 + 70 - 30 - 19 - 19/2$
: 266 mm
- M_x (ETABS) : 271310000 Nmm
- M_y (ETABS) : 290190000 Nmm
- β_1 : $0,85 - 0,05 \frac{(fc-28)}{7} = 0,764$
- ρ_{min} : $1,4/f_y = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 - \rho_{\text{balance}} &: \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &: \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &: 0,039 \\
 - \rho_{\text{max}} &: 0,75 \rho_{\text{balance}} \\
 &: 0,0292 \\
 - m &: \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = 11,76
 \end{aligned}$$

• **Penulangan Drop Panel Arah X**

$$\begin{aligned}
 - Mn &: \frac{Mu}{\phi} = \frac{271310000}{0,9} \\
 &: 301.455.556 \text{ N.mm} \\
 - Rn &: \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{301.455.556}{1000 \times 282^2} \\
 &: 3,127 \text{ MPa} \\
 - \rho_{\text{perlu}} &: \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{f_y}} \right) \right) \\
 &: \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 3,127 \times 11,76}{400}} \right) \right) \\
 &: 0,0082 \quad (\rho_{\text{min}} \leq \rho \leq \rho_{\text{max}}) \\
 - \text{Maka digunakan } \rho &= 0,0082 \\
 - \text{As perlu} &: \rho b d = 0,0082 \times 1000 \times 301,5 \\
 &: 2550,41 \text{ mm}^2 \\
 - n \text{ Tulangan} &: \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{D19}} = \frac{2550,41}{283,53} \\
 &: 9,00 \approx 10 \text{ buah} \\
 - S &: \frac{1000}{n} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm} \\
 - \text{As Pakai} &: n \text{ Tulangan} \times As_{D19} \\
 &: 10 \times 283,53 = 2853,29 \text{ mm}^2 \\
 - \text{Cek Tulangan Terkendali Tarik} \\
 \quad a &: \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{2853,39 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} \\
 &: 33,36 \text{ mm} \\
 \quad c &: \frac{a}{\beta_1} = \frac{33,36}{0,764} \\
 &: 43,64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &: \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ &: \frac{(301,5-43,64)}{43,64} \times 0,003 \\ &: 0,018 > 0,005 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Maka akan dipasang tulangan D19 - 100 mm

• **Penulangan Drop Panel Arah Y**

- Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{290190000}{0,9}$
: 322.433.333 Nmm
- Rn : $\frac{Mn}{b.d^2} = \frac{322.433.333}{1000 \times 291,5^2}$
: 3,794 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{f_y}} \right) \right)$
: $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 3,794 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
: 0,0101 ($\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ max}$)
- Maka digunakan $\rho = 0,0101$
- As perlu : $\rho b d = 0,0101 \times 1000 \times 291,5$
: 2939,68 mm²
- n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D19}} = \frac{2939,68}{283,53}$
: 10,37 \approx 11 buah
- S : $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{11} = 90,91 \approx 90$ mm
- As Pakai : n Tulangan x As D16
: 11 x 283,53 = 3118,82 mm²
- Cek Tulangan Terkendali Tarik
 - a : $\frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{3118,82 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000}$
: 36,69 mm
 - c : $\frac{a}{\beta_1} = \frac{36,69}{0,764}$
: 48,01
 - ε_t : $\frac{(d-c)}{c} \times 0,003$

$$\frac{(291,5-48,01)}{48,01} \times 0,003$$

$$: 0,015 > 0,005 \text{ (OK)}$$

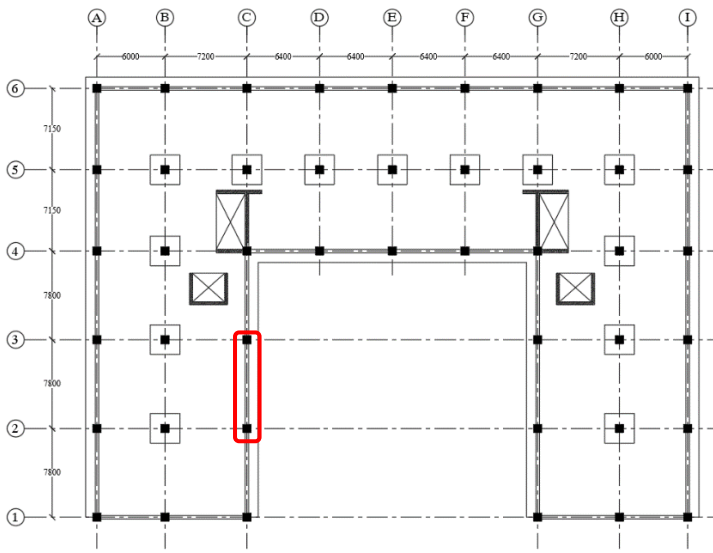
Maka akan dipasang tulangan D19 - 90 mm

4.7.4 Perencanaan Balok Tepi

Balok merupakan struktur utama yang memikul beban struktur dan meneruskan ke kolom. Pada perencanaan ini balok di desain sebagai rangka pemikul momen selain menerima beban struktur juga dapat menerima gaya gempa yang terjadi. Maka dari itu penulangan balok berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21. Pada tugas akhir ini balok tepi terdapat dua tipe yaitu tipe B1 dengan dimensi 45/65 cm untuk lantai 1-10, dan tipe B2 dengan dimensi 35/50 cm untuk lantai 11-atap.

4.7.4.1 Data Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan balok tepi B1 45/65 cm:



Gambar 4.31 Denah Struktur

- f_c : 40 MPa
- f_y BJTD 40 (tulangan lentur) : 400 MPa
- f_y BJTP 24 (tulangan geser) : 240 MPa
- Bentang balok (L) : 7800 mm
- Tinggi balok (h) : 650 mm
- Lebar balok (b) : 450 mm
- Diameter tulangan lentur : 22 mm
- Diameter tulangan geser : 13 mm
- Diameter tulangan torsi : 16 mm
- Cover : 40 mm
- d'
 - = cover + $D_{tul.geser} + 0,5D_{tul.lentur}$
 - = $40 + 13 + 0,5 \times 22$
 - = 64 mm
- d
 - = $h - d'$
 - = $650 - 64$
 - = 586 mm
- β_1
 - = $0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7} = 0,764$
- ρ_{min}
 - = $1,4/f_y = 0,0035$
- $\rho_{balance}$
 - = $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 - = $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 - = 0,039
- ρ_{max}
 - = $0,75 \rho_{balance}$
 - = 0,0292
- m
 - = $\frac{f_y}{0,85 \times f_c} = 11,76$

Analisa gaya dalam yang terjadi pada balok dengan permodelan program bantu ETABS. Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada balok yang ditinjau dengan kombinasi envelope maksimum dan minimum, maka didapatkan gaya dalam seperti pada tabel 4.29.

Tabel 4.29 Analisa Gaya Dalam Balok Tepi

Gaya	Tumpuan	Lapangan	Satuan
Torsi (Tu)	123,47	18,6	kNm
Vu	246,74	80,8	kN
Momen (+)	140,29	122,16	kNm
Momen (-)	290,21	32,1	kNm

4.7.4.2 Penulangan Lentur Balok

Berikut adalah perhitungan penulangan lentur balok B1 45/65 cm dengan bentang 7,8 m:

Asumsi awal peneampang balok berada pada kondisi penampang terkontrol Tarik, dimana $\emptyset = 0,9$.

4.7.4.2.1 Penulangan Tumpuan

➤ Tulangan Tarik Tumpuan

- Mu : 290,21 kNm
- Mn : $\frac{Mu}{\emptyset} = \frac{290210000}{0,9}$
: 322.455.556 N.mm
- Rn : $\frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{322.455.556}{450 \times 586^2}$
: 2,086 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
: $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 2,086 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
: 0,0053 ($\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ max}$)
- Maka digunakan $\rho = 0,0054$
- As perlu : $\rho b d = 0,0054 \times 450 \times 589$
: 1420,69 mm²
- n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As D22} = \frac{1420,69}{380,13}$
: 3,74 \approx 5 buah
- S : $\frac{b - 2x\text{cover} - 2xtul.senggang - n.tul.utama}{n - 1}$
: 45,80 > 25 mm (OK)
- As Pakai : n Tulangan x As D22
: 5 x 380,13 = 1900,67 mm²

- Cek Tulangan Terkendali Tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1900,67 \times 400}{0,85 \times 40 \times 450} \\
 & : 49,69 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} = \frac{49,69}{0,764} \\
 & : 65,02 \\
 \epsilon_t & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(586-52,01)}{52,01} \times 0,003 \\
 & : 0,024 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Maka akan dipasang tulangan 5D22

➤ **Tulangan Tekan Tumpuan**

$$\begin{aligned}
 - \text{Mu} & : 140,29 \text{ kNm} \\
 - \text{Mn} & : \frac{Mu}{\phi} = \frac{140290000}{0,9} \\
 & : 155.877.778 \text{ N.mm} \\
 - \text{Rn} & : \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{155.877.778}{450 \times 586^2} \\
 & : 1,009 \text{ MPa} \\
 - \rho \text{ perlu} & : \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right) \\
 & : \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 01,009 \times 11,76}{400}} \right) \right) \\
 & : 0,0026 \text{ } (\rho \leq \rho \text{ min}) \\
 - \text{Maka digunakan } \rho & = 0,0035 \\
 - \text{As perlu} & : \rho \times b \times d = 0,0035 \times 450 \times 589 \\
 & : 927,68 \text{ mm}^2 \\
 - \text{n Tulangan} & : \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D22}} = \frac{927,68}{380,13} \\
 & : 2,44 \approx 3 \text{ buah} \\
 - \text{S} & : \frac{b-2xcover-2xtul.senggang-n.tul.utama}{n-1} \\
 & : 91,67 > 25 \text{ mm (OK)} \\
 - \text{As Pakai} & : n \text{ Tulangan} \times As \text{ D22} \\
 & : 3 \times 380,13 = 1140,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Cek Tulangan Terkendali Tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1140,40 \times 400}{0,85 \times 40 \times 450} \\
 & : 29,81 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} = \frac{29,81}{0,764} \\
 & : 39,01 \\
 \epsilon_t & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & = \frac{(586-39,01)}{39,01} \times 0,003 \\
 & : 0,042 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka akan dipasang tulangan tarik tumpuan 3D22

➤ **Kontrol Kekuatan**

Asumsi $f_s = f_y$

$$As \times fy = 0,85 \times fc \times \beta_1 \times b \times c + As' \times fy$$

$$\begin{aligned}
 - c & = \frac{(As - As') \times fy}{0,85 \times fc \times \beta_1 \times b} = \frac{(1900,67 - 1140,40) \times 400}{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 450} \\
 & = 26,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - a & = \beta_1 \times c = 0,764 \times 26,01 \\
 & = 19,76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \epsilon_{s'} & = \frac{(c-d')}{c} \times 0,003 = \frac{(26,01-64)}{26,01} \times 0,003 \\
 & = -0,004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \epsilon_y & = \frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} \\
 & = 0,002 > \epsilon_{s'} \text{ (Maka tulangan tidak leleh, } f_s \neq f_y)
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \times fy - As' \times (f_s' - 0,85 \times fc)}{0,85 \times fc \times b}; a = \beta_1 \times c$$

$$0,764c = \frac{1900,67 \times 400 - 1140,40 \times (600 - \frac{c-64}{c} - 0,85 \times 40)}{0,85 \times 40 \times 450}$$

Lalu akan didapatkan persamaan kuadrat dengan variabel c sehingga didapatkan nilai $c = 145,88 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 a & = \beta_1 \times c = 0,764 \times 145,88 \\
 & = 111,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \epsilon_{s'} & = \frac{(c-d')}{c} \times 0,003 = \frac{(145,88-64)}{145,88} \times 0,003 \\
 & = 0,00168
 \end{aligned}$$

- $f_s' = \varepsilon_s' \times E_s = 0,00168 \times 200000$
 $= 336,78 \text{ MPa}$
- $A_{s2} = \frac{A_s' \times f_s'}{f_y} = \frac{1140,40 \times 336,78}{400}$
 $= 960,16 \text{ mm}^2$
- $A_{s1} = A_s - A_{s2} = 1900,67 - 960,16 = 940,51 \text{ mm}^2$
- $\varepsilon_t = \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 = \frac{(586-145,88)}{145,88} \times 0,003$
 $= 0,00901 > 0,005 \text{ (OK, } \emptyset = 0,9)$
- $\emptyset M_n = \emptyset (A_{s1} x f_y (d - \frac{a}{2}) + A_s' x f_s' (d - d'))$
 $= 359.967.270 \text{ Nmm} > M_u \text{ (OK)}$

4.7.4.2.2 Penulangan Lapangan

➤ Tulangan Tarik Lapangan

- $M_u : 122,16 \text{ kNm}$
- $M_n : \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{122160000}{0,9}$
 $: 135.733.333 \text{ N.mm}$
- $R_n : \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{135.733.333}{450 \times 586^2}$
 $: 0,878 \text{ MPa}$
- $\rho \text{ perlu} : \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$
 $: \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 2,0,878 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
 $: 0,0022 (\rho \leq \rho \text{ min})$
- Maka digunakan $\rho = 0,0035$
- $A_s \text{ perlu} : \rho b d = 0,0035 \times 450 \times 589$
 $: 922,95 \text{ mm}^2$
- $n \text{ Tulangan} : \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s D22} = \frac{922,95}{380,13}$
 $: 2,43 \approx 3 \text{ buah}$
- $S : \frac{b - 2x_{cover} - 2xtul.senggang - n.tul.utama}{n-1}$
 $: 91,67 > 25 \text{ mm (OK)}$
- $A_s \text{ Pakai} : n \text{ Tulangan} \times A_s D22$
 $: 3 \times 380,13 = 1140,40 \text{ mm}^2$

- Cek Tulangan Terkendali Tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1140,40 \times 400}{0,85 \times 40 \times 450} \\
 & : 29,81 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} = \frac{29,81}{0,764} \\
 & : 39,01 \\
 \epsilon_t & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & \quad \frac{(589-39,01)}{39,01} \times 0,003 \\
 & : 0,042 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Maka akan dipasang tulangan 3D22

➤ **Tulangan Tekan Lapangan**

- Mu : 32,1 kNm
- Mn : $\frac{Mu}{\phi} = \frac{32100000}{0,9}$
: 35.666.667 N.mm
- Rn : $\frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{35.666.667}{450 \times 586^2}$
: 0,231 MPa
- ρ perlu : $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{fy}} \right) \right)$
: $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,231 \times 11,76}{400}} \right) \right)$
: 0,0006 ($\rho \leq \rho \text{ min}$)
- Maka digunakan $\rho = 0,0035$
- As perlu : $\rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 450 \times 589$
: 927,68 mm²
- n Tulangan : $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D22}} = \frac{927,68}{380,13}$
: 2,44 \approx 3 buah
- S : $\frac{b - 2x_{cover} - 2x_{tul.sengkan} - n \cdot tul.utama}{n-1}$
: 91,67 > 25 mm (OK)
- As Pakai : n Tulangan x As D22
: 3 x 380,13 = 1140,40 mm²
- Cek Tulangan Terkendali Tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1140,40 \times 400}{0,85 \times 40 \times 450} \\
 & : 29,81 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} = \frac{29,81}{0,764} \\
 & : 39,01 \\
 \varepsilon_t & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & \quad \frac{(586-39,01)}{39,01} \times 0,003 \\
 & : 0,042 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka akan dipasang tulangan tarik tumpuan 3D22

➤ Kontrol Kekuatan

$$\begin{aligned}
 a & = \frac{Asfy - As'(fs' - 0,85fc)}{0,85 fc b} ; a = \beta_1 \times c \\
 0,764c & = \frac{1140,40 \times 400 - 1140,40(600 \frac{c-64}{c} - 0,85 \times 40)}{0,85 \times 40 \times 450}
 \end{aligned}$$

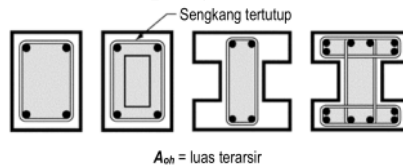
Lalu akan didapatkan persamaan kuadrat dengan variabel c sehingga didapatkan nilai c = 124,33 mm

$$\begin{aligned}
 - a & = \beta_1 \times c = 0,764 \times 124,33 \\
 & = 95,02 \text{ mm} \\
 - \varepsilon_s' & = \frac{(c-d')}{c} \times 0,003 = \frac{(124,33-64)}{124,33} \times 0,003 \\
 & = 0,00145 \\
 - fs' & = \varepsilon_s' \times Es = 0,00145 \times 200000 \\
 & = 291,14 \text{ MPa} \\
 - As_2 & = \frac{As' \times fs'}{fy} = \frac{1140,40 \times 291,14}{400} \\
 & = 830,05 \text{ mm}^2 \\
 - As_1 & = As - As_2 = 1140,40 - 830,05 = 310,35 \text{ mm}^2 \\
 - \varepsilon_t & = \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 = \frac{(586-124,33)}{124,33} \times 0,003 \\
 & = 0,011 > 0,005 \text{ (OK, } \emptyset = 0,9) \\
 \bullet \emptyset Mn & = \emptyset \left(As_1 fy \left(d - \frac{a}{2} \right) + As' fs' (d - d') \right) \\
 & = 216.146.350 \text{ Nmm} > Mu \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

4.7.4.3 Penulangan Torsi

Berikut ini adalah perhitungan perencanaan tulangan torsi pada gedung Apartemen Amega Crown Residence dengan contoh balok B1 45/65 cm dengan bentang 7,8 m:

➤ Perhitungan Luas Penampang



Gambar 4.32 Ilustrasi Luasan Aoh

- Luas bruto penampang beton\

$$A_{cp} = b \times h$$

$$= 450 \times 650 = 292500 \text{ mm}^2$$
- Keliling luar penampang beton

$$P_{cp} = 2 \times (b + h)$$

$$= 2 \times (450 + 650) = 2200$$
- Luasan penampang yang dibatasi tulangan sengkang

$$b_h = b - 2 \times \text{cover} - D_{\text{sengkang}}$$

$$= 450 - 2 \times 40 - 13$$

$$= 357 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times \text{cover} - D_{\text{sengkang}}$$

$$= 650 - 2 \times 40 - 13$$

$$= 607 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = b_h \times h_h$$

$$= 357 \times 607$$

$$= 198849 \text{ mm}^2$$
- Keliling penampang yang dibatasi tulangan Sengkang

$$P_{oh} = 2 \times (b_h + h_h)$$

$$= 2 \times (357 + 607)$$

$$= 1828 \text{ mm}$$

➤ **Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, dimana pengaruh torsi boleh diabaikan apabila momen torsi terfaktor, T_u , bernilai kurang dari persamaan berikut:

$$T_u < \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$$\emptyset = 0,75 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$T_u < \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

- Tumpuan

$$T_u < 0,75 \times 0,083 \times 1 \sqrt{40} \left(\frac{292500^2}{2200} \right)$$

$$123.470.000 < 15.310.819 \text{ Nmm (NOT OK)}$$

Maka memerlukan tulangan torsi

- Lapangan

$$T_u < 0,75 \times 0,083 \times 1 \sqrt{40} \left(\frac{292500^2}{2200} \right)$$

$$18.600.000 < 15.310.819 \text{ Nmm (NOT OK)}$$

Maka memerlukan tulangan torsi

➤ **Cek Penampang balok**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1 (a) untuk penampang solid, dimana penampang harus memenuhi persamaan berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times P_{0h}}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} \leq \emptyset \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66 \sqrt{f_c} \right)$$

Dimana:

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c} b d$$

$$= 0,17 \sqrt{40} \times 450 \times 586$$

$$= 277964,21 \text{ N}$$

- Tumpuan

$$\sqrt{\left(\frac{246740}{450 \times 586}\right)^2 + \left(\frac{123470000 \times 1828}{1,7 \times 198849^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{277964,21}{450 \times 586} + 0,66\sqrt{40}\right)$$

$$3,486 \leq 3,921 \text{ (OK)}$$

- Lapangan

$$\sqrt{\left(\frac{246740}{450 \times 586}\right)^2 + \left(\frac{18.600.000 \times 1828}{1,7 \times 198849^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{277964,21}{450 \times 586} + 0,66\sqrt{40}\right)$$

$$0,591 \leq 3,921 \text{ (OK)}$$

➤ **Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi**

Berdasarkan SNI 2947-2013 pasal 11.5.3.6, pada perhitungan tulangan penahan torsi nilai A_o dapat diambil dengan nilai $0,85A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$.

$$\emptyset T_n \geq T_u$$

$$\emptyset \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_y}{s} \cot \theta = T_u$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\emptyset \times 2 \times A_o \times f_y \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{123470000}{0,75 \times 2 \times 198849 \times 400 \times \cot 45}$$

$$= 1,035 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times p_{oh} \times \frac{f_{yt}}{f_y} \times \cot^2 \theta$$

$$= 1891,76 \text{ mm}^2$$

$$A_{l \min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) P_{oh} \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$= 50,68 \text{ mm}^2 < A_l \text{ (OK)}$$

Tulangan longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian. Yaitu 25% didistribusikan ke kiri, 25% ke kanan, 25% ke atas dan 25% ke bawah pada penampang balok. Sehingga luasan tulangan longitudinal untuk ke kiri dan penampang balok adalah 50% $A_l = 50\% \times 1891,76 = 945,87 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_l}{0,25\pi D^2} = \frac{945,87}{0,25\pi 16^2}$$

$$= 4,71 \approx 6 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan longitudinal 6D16 yang masing masing dipasang 3D16 untuk sebelah kanan dan 3D16 untuk sebeaj kiri.

4.7.4.4 Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam merencanakan tulangan geser adalah sebagai berikut:

$$M_{pr} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

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

Tabel 4.30 Perhitungan Mpr Balok Induk

Lokasi		n	As (mm ²)	a (mm)	Mpr (kNm)
Tumpuan	Atas	5	1900,67	49,69	533,284
	Bawah	3	1140,40	29,81	325,637

$$M_{pr1} = 533,284 \text{ kNm}$$

$$M_{pr2} = 325,637 \text{ kNm}$$

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \pm V_u \text{ reaksi}$$

$$V_{u1} = \frac{533,284 + 325,637}{7,8} + 246,74$$

$$= 356.858,17 \text{ N}$$

$$V_{u2} = \frac{533,284 + 325,637}{7,8} - 246,74$$

$$= -274.483,13 \text{ N}$$

$$V_u \text{ pakai} = 356,858 \text{ N}$$

➤ Penulangan Geser Daerah Sendi Plastis

Tulangan geser tumpuan direncanakan berada sepanjang $2h = 2 \times 650 = 1300$ mm dari muka kolom. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2 kekuatan dari geser (V_c) bisa tidak diperhitungkan apabila:

- Gaya geser geser yang timbul akibat gempa, $V_e > 0,5 V_u$

$$\frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} > 0,5 V_u$$

$$\frac{533,284 + 325,637}{7,8} > 0,5 \times 356,858$$

$$110,118 > 178,429 \text{ kN (NOT OK)}$$
- $P_u < \frac{A_g \times f_y}{20}$

Gaya aksial balok sangat kecil. (OK)

Sehingga $V_c \neq 0$, dan kekuatan geser beton harus diperhitungkan

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c} b d$$

$$= 0,17 \sqrt{40} \times 450 \times 586 = 277964,21 \text{ N}$$

$$0,5\emptyset V_c = 0,5 \times 0,75 \times V_c = 104236,58 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times V_c = 208473,15 \text{ N}$$

$$V_s = 0,33 \sqrt{f_c} b d$$

$$= 0,33 \sqrt{40} \times 450 \times 586 = 550369,13 \text{ N}$$

Syarat:

Kondisi 1 (Tidak memerlukan tulangan geser)

$$V_u < 0,5\emptyset V_c \quad (\text{NOT OK})$$

Kondisi 2 (Diperlukan tulangan geser minimum)

$$0,5\emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c \quad (\text{NOT OK})$$

Kondisi 3 (Perlu tulangan geser)

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

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s D13 \\
 &= 402,12 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{A_v f_y x d}{V_s} \\
 &= 171,26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 syarat jarak Senggang maksimum untuk daerah tumpuan tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil pada persamaan berikut:

- $\frac{d}{4} = \frac{586}{4} = 146,50 \text{ mm}$
- $6D = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Sehingga digunakan tulangan Senggang pada daerah sendi plastis D13-125 mm

➤ **Penulangan Geser Diluar Sendi Plastis**

$$\begin{aligned}
 V_u &= 80800 \text{ N} \\
 V_c &= 277964,21 \text{ N} \\
 0,5 \emptyset V_c &= 104236,58 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat:

Kondisi 1 (Tidak memerlukan tulangan geser)

$$V_u < 0,5 \emptyset V_c \quad (\text{OK})$$

Sehingga balok pada luar area sendi plastis tidak memerlukan tulangan geser.

4.7.4.5 Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.5.1 panjang penyaluran L_{dh} untuk tulangan dengang kait standar 90° sepanjang 12db dalam beton berat normal adalah sebagai berikut:

- $L_{dh} > 8db$ = 176 mm
- $L_{dh} = \frac{0,24 \times f_y \times \psi}{\lambda \times \sqrt{f_c}} \times db$ = 333,93 mm
- $L_{dh} > 150$ mm

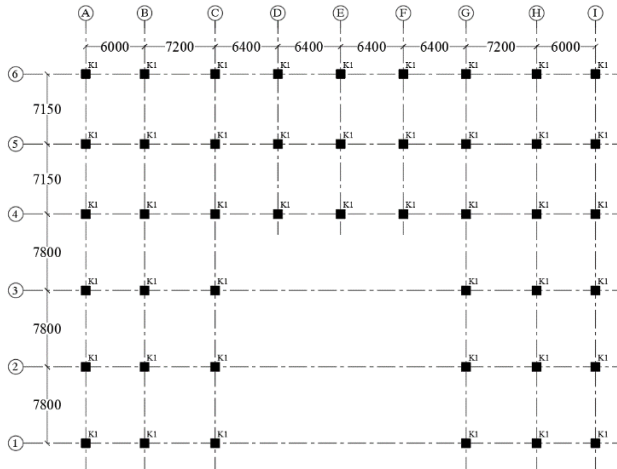
Sehingga digunakan $L_{dh} = 350$ mm masuk kedalam kolom, dengan Panjang kait 12db = 264 mm.

4.7.5 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan salah satu komponen struktur primer yang berfungsi untuk menerima seluruh beban yang diterima struktur dan kemudian akan diteruskan ke pondasi.

Dalam perencanaan tugas akhir ini kolom yang digunakan adalah kolom pracetak yang dibagi menjadi 3 tipe kolom, yaitu:

- Kolom lantai 1-5 (K1) : 90 x 90 cm
- Kolom lantai 6-10 (K2) : 75 x 75 cm
- Kolom lantai 11-atap (K3) : 50 x 50 cm



Gambar 4.33 Denah Perencanaan Kolom Pracetak

4.7.5.1 Data Perencanaan

Berikut data perencanaan kolom pracetak lantai 1-5 (K1):

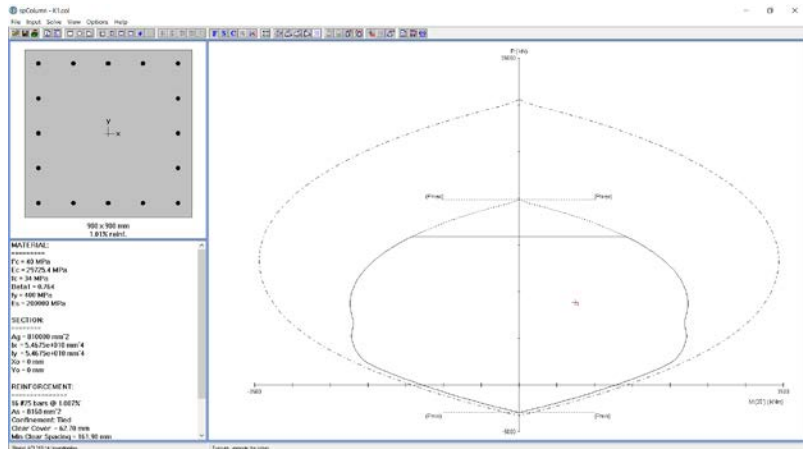
- Dimensi kolom : 900 x 900 mm
- f_c : 40 MPa
- f_y : 400 MPa
- Tinggi lantai : 4000 mm
- Tulangan longitudinal : 29 mm
- Tulangan sengkang : 16 mm
- Cover : 50 mm

Berdasarkan hasil permodelan dari program bantu ETABS didapatkan beban pada kolom tipe K1 sebagai berikut:

- P_u : 8850,806 kN
- V_u : 172,318 kN
- M_{ux} : 605,628 kNm
- M_{uy} : 427,245 kNm
- T_u : 6,474 kNm

4.7.5.2 Perencanaan Tulangan Longitudinal

Dari beban yang didapatkan, perhitungan tulangan menggunakan program bantu SpColumn dan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.34 Hasil Analisis Kolom dari SpColumn

Dari hasil program bantu SpColumn didapatkan tulangan kapasitas kolom dengan 16D29 mempunyai momen nominal dari SpColumn sebesar:

$$\phi M_n = 1826,08 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u \text{ (OK)}$$

4.7.5.3 Kontrol Dimensi dan Gaya Aksial Kolom

➤ Kontrol Dimensi Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.1 untuk komponen struktur yang menahan gaya lentur dan gaya aksial haruslah sebagai berikut:

$$\bullet \quad P_u \geq \frac{A_g \times f_c}{10}$$

$$8850,806 \geq \frac{900 \times 900 \times 40 / 1000}{10}$$

$$8850,806 \geq 3240 \text{ kN (OK)}$$

- Dimensi penampang terpendek $\geq 300 \text{ mm}$
 $900 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm (OK)}$
- Rasio Dimensi Penampang $\geq 0,4$
 $\frac{900}{900} = 1 \geq 0,4 \text{ (OK)}$

➤ **Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom**

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.9.1 bahwa luas tulangan longitudinal, A_{st} , untuk komponen struktur tekan tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ dan lebih dari $0,08 A_g$. Dan minimum dipasang 4 tulangan longitudinal pada komponen tekan didalam pengikat sengkang segiempat.

$$A_s (D29) = 0,25 \times \pi \times 29^2 = 660,52 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 810000 \text{ mm}^2$$

Dari SpColumn didapatkan luasan kebutuhan tulangan 16D29 dengan luas tulangan total 10320 mm^2 dengan rasio tulangan = $1,27 \%$ sudah memenuhi syarat.

➤ **Kontrol Kapasitas Aksial Kolom**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.3.6.2 kapasitas aksial kolom dihitung sebagai berikut:

$$\phi P_n > P_u$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,8 \times \phi [0,85 f_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 [0,85 \times 40 (810000 - 8160) + 400 \times 8160] \\ &= 15873,811 \text{ kN} > P_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

➤ **Integritas Struktur**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 16.5.1.3 kolom pracetak harus mempunyai kekuatan nominal dalam kondisi tarik tidak kurang dari:

$$A_s f_y > 1,4 A_g$$

$$10320 \times 400 > 1,4 \times 810000$$

$$326400 > 1134000 \text{ N (OK)}$$

4.7.5.4 Perencanaan Tulangan Geser

➤ Tulangan Geser di Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.1 bahwa tulangan transversal harus dipasang sepanjang l_o dari muka joint yang besarnya tidak kurang dari:

- Tinggi komponen struktur pada penampang
 $l_o = 900 \text{ mm}$
- Seperenam bentang bersih komponen struktur
 $l_o = 4000/6 = 667 \text{ mm}$
- $l_o = 450 \text{ mm}$

Maka digunakan $l_o = 900 \text{ mm}$

Khusus untuk area sendi plastis di muka joint yang berada di bawah, panjang l_o bergeser sepanjang *strong connection* tipe NMB Splice Sleeve yang dipasang.

Jarak tulangan maksimum yang digunakan untuk tulangan geser sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi:

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum
 $S = \frac{900}{4} = 225 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal
 $6d = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- $100 \leq S \leq 150 \text{ mm}$
S pakai = 100 mm

Luas tulangan minimum yang digunakan untuk tulangan geser mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - S &= 100 \text{ mm} \\
 - b_{c1} = b_{c2} &= 900 - 2 \times (50 + 16/2) = 784 \text{ mm} \\
 - A_{ch} &= b_{c1} \times b_{c2} = 614656 \text{ mm}^2 \\
 - A_{sh1} &= 0,3 \times \frac{S \times b_c \times f_c}{f_{yt}} \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\
 &= 0,3 \times \frac{100 \times 784 \times 40}{400} \times \left(\frac{810000}{614656} - 1 \right) \\
 &= 747,85 \text{ mm}^2 \\
 - A_{sh2} &= 0,09 \times \frac{S \times b_c \times f_c}{f_{yt}} \\
 &= 0,09 \times \frac{100 \times 784 \times 40}{400} \\
 &= 705,60 \text{ mm}^2 \\
 - n &= \frac{A_{sh}}{A_{sD16}} = \frac{747,85}{0,25\pi 16^2} \\
 &= 3,72 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan sengkang 4D16 – 100 mm sepanjang daerah l_o .

$$\begin{aligned}
 A_v &= 4 \times A_{sD16} = 804,25 \text{ mm}^2 \\
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 \times A_g} \right) \sqrt{f_c} \times b \times d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{8850,80}{14 \times 810000} \right) \sqrt{40} \times 900 \times 819,5 \\
 &= 793613,81 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{Av \times f_y \times d}{s} = \frac{804,25 \times 400 \times 819,5}{100} \\
 &= 2636324,02 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n = 0,75(V_c + V_s) = 2572,45 \text{ kN} > V_u = 172,318 \text{ kN (OK)}$$

➤ Tulangan Geser di Luar Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2846-2013 pasal 21.6.4.5 jarak tulangan tidak melebihi yang terkecil dari:

- $6d = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka digunakan tulangan Senggang 4D16 - 150 mm untuk daerah diluar l_o .

4.7.5.5 Kontrol Gaya Geser Rencana

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.1 tentang gaya geser desain (V_e) tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisa struktur. Momen yang terjadi pada kolom diambil dari hasil analisis pada SpColumn dengan $f_s = 1,25 f_y$. Perhitungan gaya geser desain sebagai berikut:

$$f_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 400 = 500 \text{ MPa}$$

$$L_n = 4 \text{ m}$$

$$V_e = \frac{2 M_{pr}}{L_n}$$

$$M_{pr} = 3845 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2 \times 1826,08}{4} = 1741,50 \text{ kN}$$

$$V_e < \emptyset V_n = 2572,45 \text{ kN (OK)}$$

4.7.5.6 Kontrol Strong Column Weak Beam

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.2 bahwa momen kapasitas kolom harus direncanakan 1,2 kali lebih besar dari momen kapasitas balok sesuai arah gempa yang ditinjau. Maka dari itu untuk memenuhi syarat dari *strong column weak beam* dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} > 1,2 \sum M_{nb}$$

Dari hasil analisis ETABS dan SpColumn didapatkan nilai M_{nc} :

$$M_{nc_{atas}} = 1328,00 \text{ kNm}$$

$$M_{nc_{bawah}} = 1214,21 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} = 1328,00 + 1214,21 = 2542,21 \text{ kNm}$$

Nilai M_{nb} diambil dari momen kapasitas balok yang menyatu dengan kolom:

$$M_{nb_1} = 533,284 \text{ kNm}$$

$$M_{nb_2} = 533,284 \text{ kNm}$$

Sehingga persyaratan *strong column weak beam* dapat dibuktikan sebagai berikut:

$$2542,21 > 1,2 (533,284 + 533,284)$$

$$2542,21 > 1279,88 \text{ kNm (OK)}$$

4.7.5.5 Perencanaan Tulangan Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5 tulangan torsi dapat diabaikan untuk komponen struktur non-prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial sebagai berikut:

$$T_u = 6,474 \text{ kNm}$$

$$N_u = 8850,806 \text{ kN}$$

$$A_{cp} = 900 \times 900 = 810000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (900 + 900) = 3600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{Nu}{0,33 A_g \lambda \sqrt{f_c}}} \\ &= 0,65 \times 0,083 \sqrt{40} \left(\frac{810000^2}{3600} \right) \sqrt{1 + \frac{8850806}{0,33 \times 810000 \sqrt{40}}} \\ &= 155,3 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi T_n > T_u \text{ (OK)}$$

Sehingga tidak memerlukan tulangan torsi.

4.7.5.7 Pengangkatan Kolom

$$W_u = 1,4 (2400 \times 0,9 \times 0,9)$$

$$= 2721,6 \text{ kg/m}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

Letak titik pengangkatan kolom terdapat pada $0,75h = 3 \text{ m}$, dengan itu setelah dimodelkan dalam program bantu SAP2000 didapatkan nilai momen yang terjadi sebesar:

$$M_+ = 23640776,73 \text{ Nmm}$$

$$M_- = 13509015,3 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{6} \times b \times l^2 = \frac{1}{6} \times 900 \times 900^2 \\ &= 121500000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan

- Tegangan retak (fr)

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \frac{0,7\sqrt{fc}}{1,5} = \frac{0,7\sqrt{40}}{1,5} \\ &= 2,951 \text{ MPa}\end{aligned}$$

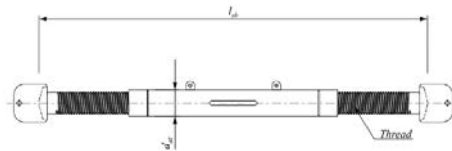
- Tegangan yang terjadi

$$\begin{aligned}\sigma_{terjadi} &= \frac{Mu+}{Z} = \frac{23640776,73}{121500000} \\ &= 0,194 \text{ MPa}\end{aligned}$$

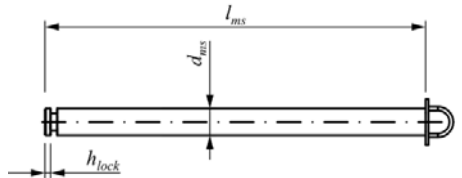
$$\begin{aligned}\sigma_{terjadi} &= \frac{Mu-}{Z} = \frac{13509015,3}{121500000} \\ &= 0,111 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} > \sigma_{terjadi} \text{ (OK)}$$

Pada pengangkatan kolom pracetak digunakan *colift mounting system* dengan tipe MW d70 dengan *rope strut* tipe PS 01 dari *Piecko*. Dimana pada sistem ini mengangkat kolom secara vertikal sehingga lebih mudah dalam pelaksanaannya.



Gambar 4.35 Profil *Rope Strut*



Gambar 4.36 Profil *Mounting Shaft*

4.7.5.8 Sambungan Kolom-Kolom atau Kolom Poer

Dalam perencanaan sambungan antar kolom maupun kolom dengan poer digunakan produk dari 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 tulangan dengan diameter 25 mm dan tipe No. 9U-X untuk tulangan dengan diameter 29 mm. Sambungan memiliki kekuatan minimum 85000 psi atau sama dengan 586,05 MPa. *Grouting* dilakukan menggunakan mortar tipe *non-shrinkage* dengan kekuatan yang disyaratkan adalah 9500 psi atau setara dengan 65,5 MPa.

Berdasarkan ACI 318-14 pasal 18.9.2.2 untuk sambungan kolom-kolom juga harus dikontrol sebagai berikut:

f_y sambungan $> 1,4 f_y$ tulangan

586,05 MPa $>$ 560 MPa (OK)

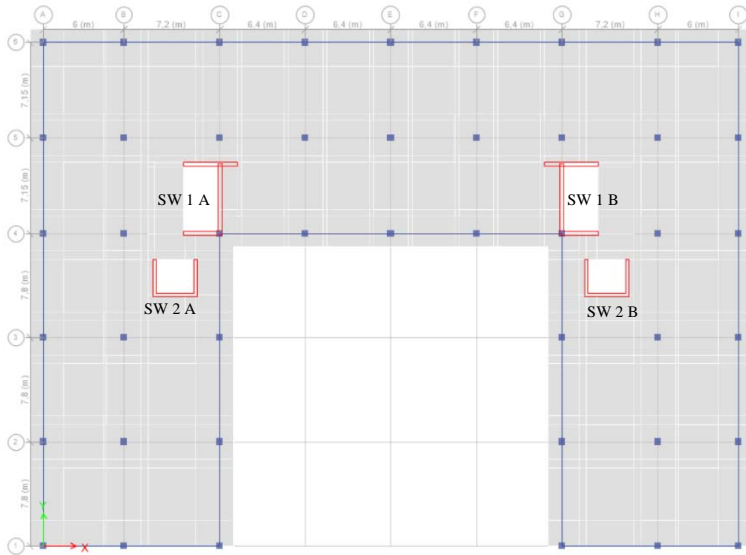
$\emptyset M_n > 0,4 M_{pr}$

1826,08 kNm $>$ 1393,20 kNm (OK)

Berdasarkan brosur dari NMB Splice Sleeve panjang penyaluran tulangan sambungan pada Sleeve Tipe 8U-X minimal 165 mm dan Sleeve Tipe 9U-X minimal 188 mm.

4.7.6 Perencanaan *Shear wall*

Dinding geser pada struktur harus dapat menahan 75% dari beban lateral yang diterima struktur. *Shear wall* ini akan dibedakan menjadi 2 arah, arah X dan Y.



Gambar 4.37 Denah Sherwall dan Penamaanya
 Pada perhitungan ini akan digunakan Shearwall tipe SW1
 sebagai contoh perhitungan.

4.7.6.1 Data Perencanaan

- f_c = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- Tebal Dinding = 300 mm
- Tinggi = 4000 mm
- Lebar = 11900 mm
- Cover = 40 mm
- D tulangan longitudinal = 32 mm
- D tulangan transversal = 13 mm
- d = 244 mm

Berdasarkan hasil perhitungan dari program bantu ETABS
 didapatkan beban-beban yang diterima SW 1 sebagai berikut:

- $P_u = 32677,94 \text{ kN}$
- $V_u = 4288,66 \text{ kN}$
- $M_{ux} = 118449,46 \text{ kNm}$
- $M_{uy} = 34994,53 \text{ kNm}$

4.7.6.2 Kontrol Dimensi Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 14.5.3, tentang tebal minimum dinding geser tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi dinding geser:

$$\text{Tebal} > \frac{1}{25} \times \text{tinggi} = \frac{1}{25} \times 4000$$

$$300 \text{ mm} > 160 \text{ mm (OK)}$$

4.7.6.3 Kontrol Penampang terhadap Geser

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4, tentang penampang dinding geser terhadap gaya geser tidak boleh diambil melebihi:

$$\begin{aligned} A_{cv} &= \text{tebal} \times \text{Panjang dinding} \\ &= 300 \times 11800 = 3540000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,83 \times A_{cv} \sqrt{f_c} \\ &= 0,83 \times 3540000 \sqrt{40} \\ &= 18582,81 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 18582,81 \\ &= 13937,11 > V_u = 4288,66 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

4.7.6.4 Kontrol Dimensi terhadap Gaya Aksial

Berdasarkan pada SNI 2847-2013 pasal 14.5.2, tentang kekuatan nominal dinding geser direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,55 \phi f_c A_g \left[1 - \left(\frac{k L_c}{32h} \right)^2 \right] \\ &= 774564,0581 > P_u = 32677,94 \text{ kN (OK)}\end{aligned}$$

4.7.6.5 Penulangan Geser *Shear Wall*

Ada 2 kondisi untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu:

- Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2, sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0,17 A_c v \sqrt{f_c}$
 $0,17 \times 3540000 \times \sqrt{40} = 3806,12 \text{ kN} < V_u$ (2 Lapis)
- Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 14.3.4, pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.
 $300 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$ (2 Lapis)

Maka dipasang 2 lapis tulangan

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.3, spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi:

- $L_w/5 = 11,9/5 = 2380 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Digunakan $s = 200 \text{ mm}$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.5, spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $L_w/3 = 11,9/3 = 3966 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Digunakan $s = 150 \text{ mm}$

Pada perencanaan kali ini digunakan tulangan 2D32 untuk tulangan geser vertikal dan 2D13 untuk tulangan geser horizontal. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.2 dan 11.9.9.4 tentang persyaratan rasio tulangan geser horizontal dan vertikal harus tidak boleh kurang dari 0,0025 maka:

$$\begin{aligned} - \rho_t &= \frac{A_s}{d \times s} = \frac{2 \left(\frac{1}{4} \pi 13^2 \right)}{244 \times 200} = 0,00544 > 0,0025 \text{ (OK)} \\ - \rho_t &= \frac{A_s}{d \times s} = \frac{2 \left(\frac{1}{4} \pi 32^2 \right)}{244 \times 200} = 0,04394 > 0,0025 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga menurut SNI 2947-2013 pasal 21.9.4.1, tentang kuat geser nominal *shear wall* tidak boleh melebihi:

$$V_n = A_c v \left(\alpha_c \sqrt{f_c} + \rho_t f_y \right)$$

Dimana $\alpha_c = 0,25$ jika $hw/lw < 1,5$; $\alpha_c = 0,17$ jika $hw/lw > 2$; dan jikalau hw/lw diantara nilai tersebut maka nilai α_c diinterpolasi linier.

$$hw/lw = 56/11,8 = 4,746 \quad ; \quad \alpha_c = 0,17$$

$$V_n = 3540000 \left(0,17 \sqrt{40} + 0,00544 \times 400 \right)$$

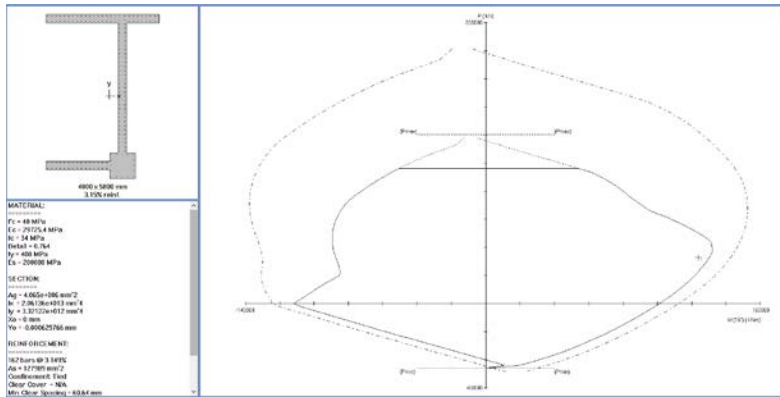
$$V_n = 11508,96 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = 0,75 \times 11508,96$$

$$= 8631,72 > V_u = 4288,66 \text{ kN (OK)}$$

4.7.6.6 Kontrol Penulangan dengan SpColumn

Dari beban-beban yang didapatkan dari ETABS, beban tersebut diproses lagi pada program bantu SpColumn, lalu didapatkan hasil diagram interaksi sebagai berikut\



Gambar 4.38 Diagram Interaksi Shearwall

Dari hasil analisis program SpColumn didapatkan tulangan 146D32 pada *shear wall* dan didapatkan momen kapasitas *shear wall* sebagai berikut:

Arah X

$$\begin{aligned} \phi M_{nx} &> M_{ux} \\ 123250,11 &> 118449,46 \text{ kNm (OK)} \end{aligned}$$

Arah Y

$$\begin{aligned} \phi M_{ny} &> M_{uy} \\ 36412,82 &> 34994,53 \text{ kNm (OK)} \end{aligned}$$

Maka dari hasil analisis SpColumn, didapatkan bahwa beban yang berkerja mampu diterima oleh dinding geser.

4.7.6.7 Kontrol Komponen Batas

Mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.2, penentuan komponen pembatas berdasarkan pendekatan perpindahan.

$$C \geq \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta_u}{hw} \right)}$$

$$\delta_u = 62,44 \text{ mm (ETABS)}$$

$$\frac{\delta_u}{hw} = 0,0011 < 0,007$$

$$\frac{\delta_u}{hw} \text{ pakai} = 0,007$$

$$C \geq \frac{11900}{600 (0,007)} = 2833,33 \text{ mm}$$

$$C_{\text{SpColumn}} = 1698 \text{ mm}$$

$$C \geq C_{\text{SpColumn}} \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.3 bahwa dinding geser harus memiliki komponen pembatas khusus jika tegangan akibat beban E, melebihi 0,2 fc. Komponen pembatas boleh diabaikan bila tegangan tekan kurang dari 0,15 fc.

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 fc$$

$$\frac{118449,465 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 11900 \times 250^3} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 \times 40$$

$$11,36 > 8 \text{ MPa (Perlu komponen pembatas)}$$

$$\frac{Pu}{Ac} > 0,15 fc$$

$$\frac{32677,94 \times 1000}{3540000} > 0,15 \times 40$$

$$9,15 > 6 \text{ MPa (Perlu kompponen pembatas)}$$

Sehingga dibutuhkan komponen pembatas

Dari hasil perhitungan komponen pembatas, 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:

$$\begin{aligned} C - 0,1 l_w &= 2833,33 - 0,1 \times 11900 \\ &= 1643,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C/2 = \frac{2833,33}{2} = 1416,66 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan elemen pembatas pada dinding geser dengan jarak 1650 mm

4.8 Perencanaan Struktur Bawah

Pondasi merupakan struktur bangunan bawah yang berfungsi sebagai elemen struktur yang meneruskan beban dari seluruh struktu yang di atasnya ke tanah. Pondasi gedung apartemen Amega Crown Residence Surabaya direncanakan menggunakan tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk dari PT. Wijaya Karya Beton. Pada sub-bab berikutnya akan dilakukan perencanaan tiang pancang dan pile cap sesuai dengan persyaratan yang berlaku.

4.8.1 Pembebanan

Beban yang bekerja pada pondasi sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 4.2.3 untuk metode tegnangan 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 didapatkand dari hasil analisis pada program bantu ETABS seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.31 Beban Pada Pile Cap Tipe 1

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D	0,405	-0,008	463,279	0,101	0,490
D + L	0,572	-0,012	589,380	0,165	0,697
D + 0,7 Ex	11,540	5,026	339,088	15,343	45,422
D + 0,7 Ey	-1,280	7,083	316,010	19,115	-1,334
D + 0,75 L +0 ,525 Ex	8,850	4,661	374,488	10,472	34,307
D + 0,75 L + 0,525 Ey	1,150	6,124	317,209	13,472	1,611
D + 0,75 L	0,530	-0,011	557,855	0,149	0,645
0,6 D + 0,7 Ex	11,373	4,372	218,833	16,115	45,219
0,6D + 0,7 Ey	0,294	6,290	372,426	21,697	0,734

Tabel 4.32 Beban Pada Pile Cap Tipe 2

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D	30,782	31,702	527,316	0,687	-0,875
D + L	35,779	37,332	612,344	0,756	-1,089
D + 0,7 Ex	49,581	89,741	974,983	28,366	38,724
D + 0,7 Ey	56,712	126,968	988,937	54,300	0,799
D + 0,75 L +0 ,525 Ex	48,629	79,454	926,838	21,498	28,663
D + 0,75 L + 0,525 Ey	53,977	107,374	937,303	40,948	0,219
D + 0,75 L	34,530	35,925	591,087	0,739	-1,036
0,6 D + 0,7 Ex	37,268	77,061	764,057	28,091	39,074
0,6D + 0,7 Ey	44,399	114,287	778,011	54,025	1,149

Tabel 4.33 Beban Pada Pile Cap Tipe 3

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D	-28,647	29,110	211,166	0	0
D + L	-33,279	34,008	245,696	0	0
D + 0,7 Ex	77,104	61,718	476,851	0	0
D + 0,7 Ey	61,171	54,000	413,546	0	0
D + 0,75 L + 0,525 Ex	68,711	56,862	435,587	0	0
D + 0,75 L + 0,525 Ey	56,760	51,074	388,109	0	0
D + 0,75 L	-32,121	32,783	237,063	0	0
0,6 D + 0,7 Ex	65,539	50,355	392,970	0	0
0,6D + 0,7 Ey	49,606	42,638	329,666	0	0

4.8.2 Data Perencanaan

4.8.2.1 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 : 600 mm
- Tebal tiang : 120 mm
- Kelas : B
- f_c : 52 MPa (600 kg/cm²)
- Luas penampang : 1570,80 cm²
- Berat : 393 kg/m
- Panjang : 6-23 m
- *Bending momen crack* : 25 t.m
- *Bending momen ultimate* : 45 t.m
- *Allowable axial load* : 238,30 t

4.8.2.2 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.

4.8.3 Perencanaan Tiang Pancang

Daya dukung tiang pancang total (Q_u) didapatkan dari daya dukung ujung tiang pancang (Q_p) ditambah dengan daya dukung dari gaya gesek dengan lekatan lateral tanah (Q_s).

4.8.3.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tanah menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT) yang sudah diperoleh sebelumnya. Data SPT sebelumnya harus dilakukan koreksi terlebih dahulu. Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data SPT menggunakan metode dari *Terzaghi Bazaraa* 1960 dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah
Koreksi dilakukan untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir berlempung, yang berada di bawah 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 $N_1 = N$
2. Koreksi terhadap tegangan overburden
Hasil dari koreksi pertama dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal (*overburden pressure*) pada lapisan tanah.
 - $N_2 = \frac{4 N_1}{1 + 0,4 P_0}$; untuk $P_0 < 0,75$ ton
 - $N_2 = \frac{4 N_1}{3,25 + 0,1 P_0}$; untuk $P_0 > 0,75$ ton
 - N_2 harus $\leq 2 N_1$, bila lebih $N_2 = N_1$
3. Daya dukung tiang

$$P_{ult} = C_n \times A_{ujung} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana:

C_{li} = hambatan geser selimut tiang pada segmen ke-i

A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen ke-i

$C_{n \text{ ujung}}$ = 40 $N_{rata-rata}$

$N_{rata-rata}$ = harga rata-rata N_2 4D dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang

C_{li} = $N/2$ ton/m² untuk tanah lempung

Sehingga

$$P_{ult} = 40 N \times A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} \times A_{si}$$

$$P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{SF}; SF = 3$$

Perhitungan daya dukung tanah dilakukan tiap 1 m kedalaman dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 4.34 Dari perhitungan tersebut direncanakan tiang pancang sedalam 35 m dengan daya dukung 159,11 ton.

Beban ijin aksial tiang pancang = 238,3 ton

Beban ijin aksial tiang > daya dukung Tanah (OK!)

Tabel 4.34 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Kedalaman (m)	Tipe Tanah	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	Q ujung	Cli (ton/m ²)	Cli x Asi (ton)	Σ Cli x Asi	P ult (ton)	P ijin (ton)
0	Pasir	0,0	0,0	1,849	0,849	0	0,00	0	0,00	9,79	110,70	0,00	0,00	0,00	110,70	36,90
1	Pasir	2,5	2,5	1,849	0,849	0,849	7,46	5	5,00	15,39	174,09	1,00	0,47	1,18	175,27	58,42
2	Pasir	5,0	5,0	1,849	0,849	1,698	11,91	10	10,00	16,54	187,09	2,00	0,94	4,24	191,34	63,78
3	Pasir	13,5	13,5	1,849	0,849	2,547	26,75	27	26,75	17,11	193,52	5,35	2,52	11,99	205,51	68,50
4	Lempung	22,0	22,0	1,849	0,849	3,396	37,31	44	37,31	17,81	201,41	18,66	8,79	43,67	245,08	81,69
5	Pasir	23,5	14,1	1,849	0,849	4,245	20,90	28,2	20,90	18,76	212,12	4,18	1,97	51,75	263,87	87,96
6	Pasir	25,0	15,0	1,89	0,89	5,135	19,65	30	19,65	20,89	236,21	3,93	1,85	59,32	295,53	98,51
7	Pasir	33,5	20,1	1,89	0,89	6,025	23,58	40,2	23,58	21,48	242,90	4,72	2,22	67,68	310,58	103,53
8	Pasir	42,0	25,2	1,89	0,89	6,915	26,77	50,4	26,77	20,69	234,03	5,35	2,52	77,34	311,37	103,79
9	Pasir	26,0	15,6	1,89	0,89	7,805	15,48	31,2	15,48	18,18	205,58	3,10	1,46	84,67	290,25	96,75
10	Pasir	10,0	10,0	1,89	0,89	8,695	9,71	20	9,71	16,29	184,19	1,94	0,92	89,10	273,29	91,10
11	Lempung	10,5	10,5	1,712	0,712	9,407	10,02	21	10,02	14,94	168,97	5,01	2,36	98,44	267,41	89,14
12	Lempung	11,0	11,0	1,712	0,712	10,119	10,32	22	10,32	13,50	152,63	5,16	2,43	108,06	260,70	86,90
13	Lempung	10,5	10,5	1,712	0,712	10,831	9,69	21	9,69	11,65	131,72	4,85	2,28	117,42	249,14	83,05
14	Lempung	10,0	10,0	1,712	0,712	11,543	9,08	20	9,08	10,07	113,94	4,54	2,14	126,19	240,14	80,05
15	Lempung	10,5	10,5	1,712	0,712	12,255	9,38	21	9,38	9,53	107,82	4,69	2,21	134,93	242,75	80,92
16	Lempung	11,0	11,0	1,737	0,737	12,992	9,67	22	9,67	9,40	106,27	4,84	2,28	143,94	250,22	83,41
17	Lempung	10,5	10,5	1,737	0,737	13,729	9,09	21	9,09	9,26	104,69	4,54	2,14	152,71	257,40	85,80
18	Lempung	10,0	10,0	1,737	0,737	14,466	8,52	20	8,52	9,12	103,20	4,26	2,01	160,94	264,14	88,05
19	Lempung	10,5	10,5	1,737	0,737	15,203	8,80	21	8,80	9,05	102,39	4,40	2,07	169,14	271,52	90,51
20	Lempung	11,0	11,0	1,737	0,737	15,940	9,08	22	9,08	8,97	101,43	4,54	2,14	177,60	279,03	93,01
21	Lempung	11,0	11,0	1,717	0,717	16,657	8,95	22	8,95	8,79	99,36	4,48	2,11	186,08	285,44	95,15
22	Lempung	11,0	11,0	1,717	0,717	17,374	8,82	22	8,82	8,58	97,00	4,41	2,08	194,44	291,44	97,15
23	Lempung	10,5	10,5	1,717	0,717	18,091	8,30	21	8,30	8,44	95,48	4,15	1,96	202,45	297,93	99,31

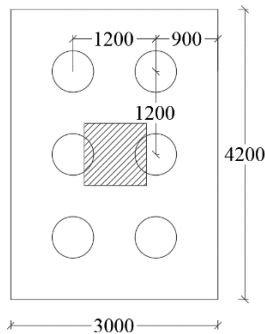
24	Lempung	10,0	10,0	1,717	0,717	18,808	7,80	20	7,80	8,36	94,55	3,90	1,84	209,97	304,53	101,51
25	Lempung	10,0	10,0	1,717	0,717	19,525	7,69	20	7,69	8,28	93,61	3,84	1,81	217,26	310,87	103,62
26	Lempung	10,0	10,0	1,717	0,717	18,954	7,77	20	7,77	8,30	93,82	3,89	1,83	224,58	318,39	106,13
27	Lempung	10,5	10,5	1,717	0,717	19,671	8,05	21	8,05	8,49	96,07	4,03	1,90	232,07	328,13	109,38
28	Lempung	11,0	11,0	1,717	0,717	20,388	8,32	22	8,32	8,78	99,26	4,16	1,96	239,81	339,07	113,02
29	Lempung	13,0	13,0	1,717	0,717	21,105	9,70	26	9,70	9,10	102,96	4,85	2,29	248,47	351,44	117,15
30	Lempung	15,0	15,0	1,717	0,717	21,822	11,05	30	11,05	9,43	106,66	5,52	2,60	258,41	365,07	121,69
31	Lempung	15,0	15,0	1,717	0,717	22,539	10,90	30	10,90	9,70	109,71	5,45	2,57	268,73	378,45	126,15
32	Lempung	15,0	15,0	1,717	0,717	23,256	10,76	30	10,76	10,76	121,73	5,38	2,54	278,93	400,66	133,55
33	Lempung	14,5	14,5	1,717	0,717	23,973	10,27	29	10,27	12,37	139,89	5,14	2,42	288,78	428,66	142,89
34	Lempung	14,0	14,0	1,717	0,717	24,690	9,79	28	9,79	13,53	153,04	4,90	2,31	298,17	451,21	150,40
35	Lempung	30,0	30,0	1,717	0,717	25,407	20,72	60	20,72	14,45	163,47	10,36	4,88	313,86	477,33	159,11
36	Pasir	46,0	27,6	1,717	0,717	26,124	18,83	55,2	18,83	15,25	172,49	3,77	1,77	328,93	501,42	167,14
37	Pasir	45,0	27,0	1,717	0,717	26,841	18,20	54	18,20	16,07	181,70	3,64	1,72	335,88	517,58	172,53
38	Pasir	44,0	26,4	1,717	0,717	27,558	17,58	52,8	17,58	16,82	190,27	3,52	1,66	342,59	532,86	177,62
39	Pasir	44,5	26,7	1,717	0,717	28,275	17,57	53,4	17,57	17,90	202,45	3,51	1,66	349,22	551,67	183,89
40	Pasir	45,0	27,0	1,717	0,717	28,992	17,56	54	17,56	18,66	211,05	3,51	1,66	355,84	566,89	188,96

4.8.3.2 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 persamaan berikut untuk menghitung beban maksimum dari 1 tiang pancang:

$$P_{\max} = \frac{P}{n} + \frac{M_x \times Y_{\max}}{\sum Y^2} + \frac{M_y \times X_{\max}}{\sum X^2} \leq \text{Daya dukung tanah (1 tiang)}$$

Perhitungan beban maksimum dan control terhadap daya dukung tanah dilakukan untuk masing-masing jenis susunan tiang pancang. Sebagai contoh dalam perhitungan ini akan digunakan perhitungan tiang pancang tipe 1 dengan kombinasi beban D + L.



Gambar 4.39 Denah Tiang Pancang Tipe 1

$$P = 589,38 \text{ ton}$$

$$n \text{ tiang} = 6$$

$$\begin{aligned} M_x &= M_x + (H_y \times \text{Tebal poer}) = 0,165 + (0,572 \times 1) \\ &= 0,737 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$M_y = M_y + (H_x \times \text{Tebal poer}) = 0,697 + (0,012 \times 1) \\ = 0,709 \text{ ton.m}$$

$$X_{\max} = 0,6 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,2 \text{ m}$$

$$P_{\max} = \frac{589,38}{6} + \frac{0,737 \times 1,2}{1,44} + \frac{M_y \times X_{\max}}{8,64} \\ = 98,63 \text{ ton}$$

$$P_{\text{ijin}} = 283,41 > P_{\max} \text{ (OK)}$$

4.8.3.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Susunan tiang pancang berdasarkan syarat dari jarak antar tiang dan jarak tepi tiang pancang, dengan perhitungan sebagai berikut:

- Jarak Antar Tiang
 $2 D \leq S_1 \leq 2,5 D$
 $2 \times 800 \leq S_1 \leq 2,5 \times 800$
 $1600 \leq S_1 \leq 2000$
 Sehingga digunakan jarak antar tiang = 1600 mm
- Jarak Tepi Tiang
 $D \leq S_1 \leq 2 D$
 $800 \leq S_1 \leq 1600$
 Sehingga digunakan jarak antar tiang = 800 mm

Perhitungan koreksi untuk tiang pancang kelompok menggunakan koefisien *Convera-Labarre Formula* sebagai berikut:

$$\eta = 1 - \left[\frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right\} \right]$$

$$S = 1,2 \text{ m}$$

$$m = 3 \text{ baris}$$

$$n = 2 \text{ kolom}$$

$$\eta = 0,655$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin dalam grup}} &= P_{\text{ijin 1 tiang}} \times \eta \\ &= 159,11 \times 0,655 \\ &= 104,318 \text{ ton} > P_{\text{max}} = 98,63 \end{aligned}$$

Tabel 4.35 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 1

Kombinasi	P	P/n	Hx	Hy	Mx	My	Mx _y /	My _x /	P max	P ijin	Kontrol
	ton	ton	ton	ton	ton.m	ton.m	Zy ²	Zx ²			
D	463,28	77,213	0,405	-0,008	0,101	0,490	0,070	0,208	77,491	104,318	OK
D + L	589,38	98,230	0,572	-0,012	0,165	0,697	0,102	0,295	98,628	104,318	OK
D + 0,7 Ex	339,09	56,515	11,540	5,026	15,343	45,422	3,734	21,020	81,268	104,318	OK
D + 0,7 Ey	316,01	52,668	-1,280	7,083	19,115	-1,334	2,833	3,507	59,008	104,318	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ex	374,49	62,415	8,850	4,661	10,472	34,307	2,684	16,237	81,335	104,318	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ey	317,21	52,868	1,150	6,124	13,472	1,611	2,031	3,223	58,122	104,318	OK
D + 0,75 L	557,85	92,976	0,530	-0,011	0,149	0,645	0,094	0,273	93,344	104,318	OK
0,6 D + 0,7 Ex	218,83	36,472	11,373	4,372	16,115	45,219	3,818	20,663	60,953	104,318	OK
0,6D + 0,7 Ey	372,43	62,071	0,294	6,290	21,697	0,734	3,054	2,926	68,052	104,318	OK

Tabel 4.36 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 2

Kombinasi	P	P/n	Hx	Hy	Mx	My	Mx _y /	My _x /	P max	P ijin	Kontrol
	ton	ton	ton	ton	ton.m	ton.m	Zy ²	Zx ²			
D	527,32	18,83	30,78	31,70	0,69	-0,88	0,937	4,072	23,841	87,853	OK
D + L	612,34	21,87	35,78	37,33	0,76	-1,09	1,087	4,803	27,759	87,853	OK
D + 0,7 Ex	974,98	34,82	49,58	89,74	28,37	38,72	2,320	16,058	53,199	87,853	OK
D + 0,7 Ey	988,94	35,32	56,71	126,97	54,30	0,80	3,304	15,971	54,594	87,853	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ex	926,84	33,10	48,63	79,45	21,50	28,66	2,087	13,515	48,703	87,853	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ey	937,30	33,48	53,98	107,37	40,95	0,22	2,825	13,449	49,749	87,853	OK
D + 0,75 L	591,09	21,11	34,53	35,92	0,74	-1,04	1,050	4,620	26,780	87,853	OK
0,6 D + 0,7 Ex	764,06	27,29	37,27	77,06	28,09	39,07	1,945	14,517	43,750	87,853	OK
0,6D + 0,7 Ey	778,01	27,79	44,40	114,29	54,02	1,15	2,929	14,429	45,145	87,853	OK

Tabel 4.37 Perhitungan Tiang Pancang Grup Tipe 3

Kombinasi	P	P/n	Hx	Hy	Mx	My	Mx _y /	My _x /	P max	P ijin	Kontrol
	ton	ton	ton	ton	ton.m	ton.m	Zy ²	Zx ²			
D	211,17	23,46	-28,65	29,11	0	0	3,979	4,043	31,485	96,491	OK
D + L	245,70	27,30	-33,28	34,01	0	0	4,622	4,723	36,645	96,491	OK
D + 0,7 Ex	476,85	52,98	77,10	61,72	0	0	10,709	8,572	72,264	96,491	OK
D + 0,7 Ey	413,55	45,95	61,17	54,00	0	0	8,496	7,500	61,946	96,491	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ex	435,59	48,40	68,71	56,86	0	0	9,543	7,898	65,839	96,491	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ey	388,11	43,12	56,76	51,07	0	0	7,883	7,094	58,100	96,491	OK
D + 0,75 L	237,06	26,34	-32,12	32,78	0	0	4,461	4,553	35,355	96,491	OK
0,6 D + 0,7 Ex	392,97	43,66	65,54	50,36	0	0	9,103	6,994	59,760	96,491	OK
0,6D + 0,7 Ey	329,67	36,63	49,61	42,64	0	0	6,890	5,922	49,441	96,491	OK

4.8.3.4 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 relatif

Pada contoh perhitungan ini akan digunakan perhitungan kekuatan tiang pancang terhadap gaya lateral pada tipe 1 dengan kombinasi yang digunakan D + L

n tiang = 6

H_{\max} = 0,572 ton

$H_{\max \text{ 1 tiang}}$ = 0,095 ton

C_u = 0,43 kg/cm²

Q_u = 2 x C_u = 2 x 0,43

= 0,86 kg/cm² = 0,88 ton/ft²

Dari grafik *immediate settlement of isolate footing* didapatkan nilai koefisien variasi (f) sebagai berikut:

f = 9,5 ton/ft² = 0,304 kg/cm²

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5}$$

$$E = 4700 \sqrt{f c} = 4700 \sqrt{52}$$

$$= 338921,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4$$

$$= 375596,25 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5} = \left(\frac{338921,82 \times 375596,25}{0,304} \right)^{1/5}$$

$$= 211,052 \text{ cm}$$

$$L \text{ tiang} = 3500 \text{ cm}$$

$$L/T = 16,58$$

Dari grafik *influence value for laterally loaded pile* didapatkan nilai koefisien defleksi (F_δ) dan nilai koefisien momen (F_M) sebagai berikut:

$$F_\delta = 0,94$$

$$\delta = 0,94 \times \frac{0,095 \times 1000 \times 211,052^3}{338921,82 \times 375596,25}$$

$$= 0,007 < 2,5 \text{ cm (OK)}$$

$$F_M = 0,89$$

$$M_{\text{crack}} = 25 \text{ ton.m}$$

$$M = F_M \times P \times T$$

$$= 0,89 \times 0,095 \times 211,052$$

$$= 0,179 \text{ ton.m} < M_{\text{crack}} \text{ (OK)}$$

Rekapitulasi perhitungan control kekuatan tiang terhadap gaya lateral untuk masing-masing tipe tiang pancang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.38 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 1

Kombinasi	Jumlah Tiang	H max	H l tiang	δ	Kontrol δ	M max	M crack	Kontrol
		ton	ton	cm		ton.m	ton.m	
D	6	0,405	0,067	0,005	OK	0,127	25	OK
D + L	6	0,572	0,095	0,007	OK	0,179	25	OK
D + 0,7 Ex	6	11,540	1,923	0,134	OK	3,613	25	OK
D + 0,7 Ey	6	7,083	1,180	0,082	OK	2,217	25	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ex	6	8,850	1,475	0,102	OK	2,771	25	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ey	6	6,124	1,021	0,071	OK	1,917	25	OK
D + 0,75 L	6	0,530	0,088	0,006	OK	0,166	25	OK
0,6 D + 0,7 Ex	6	11,373	1,896	0,132	OK	3,561	25	OK
0,6D + 0,7 Ey	6	6,290	1,048	0,073	OK	1,969	25	OK

Tabel 4.39 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 2

Kombinasi	Jumlah Tiang	H max	H l tiang	δ	Kontrol δ	M max	M crack	Kontrol
		ton	ton	cm		ton.m	ton.m	
D	28	31,702	1,132	0,079	OK	2,127	25	OK
D + L	28	37,332	1,333	0,093	OK	2,504	25	OK
D + 0,7 Ex	28	89,741	3,205	0,222	OK	6,020	25	OK
D + 0,7 Ey	28	126,968	4,535	0,315	OK	8,518	25	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ex	28	79,454	2,838	0,197	OK	5,330	25	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ey	28	107,374	3,835	0,266	OK	7,203	25	OK
D + 0,75 L	28	35,925	1,283	0,089	OK	2,410	25	OK
0,6 D + 0,7 Ex	28	77,061	2,752	0,191	OK	5,170	25	OK
0,6D + 0,7 Ey	28	114,287	4,082	0,283	OK	7,667	25	OK

Tabel 4.40 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral pada Tiang Tipe 3

Kombinasi	Jumlah Tiang	H max	H l tiang	δ	Kontrol δ	M max	M crack	Kontrol
		ton	ton	cm		ton.m	ton.m	
D	9	29,110	3,234	0,225	OK	6,076	25	OK
D + L	9	34,008	3,779	0,262	OK	7,098	25	OK
D + 0,7 Ex	9	77,104	8,567	0,595	OK	16,092	25	OK
D + 0,7 Ey	9	61,171	6,797	0,472	OK	12,767	25	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ex	9	68,711	7,635	0,530	OK	14,340	25	OK
D + 0,75 L + 0,525 Ey	9	56,760	6,307	0,438	OK	11,846	25	OK
D + 0,75 L	9	32,783	3,643	0,253	OK	6,842	25	OK
0,6 D + 0,7 Ex	9	65,539	7,282	0,506	OK	13,678	25	OK
0,6D + 0,7 Ey	9	49,606	5,512	0,383	OK	10,353	25	OK

4.8.4 Perencanaan Pile Cap

4.8.4.1 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 tiang pancang = 600 mm
- P_u total = 589,38 ton
- P_{pile} = 98,63 ton
- n pancang = 6
- Dimensi pile cap = 3 x 4,2 x 1 m
- f_c = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- D tulangan tarik = 25 mm
- D tulangan tekan = 22 mm
- Cover = 70 mm
- D_x = $1000 - 70 - (0,5 \times 25)$
= 917,5 mm
- D_y = $1000 - 70 - 32 - (0,5 \times 25)$
= 892,5 mm

4.8.4.2 Kontrol Geser Ponds

Perencanaan geser ponds sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 dengan perhitungan sebagai berikut:

- Akibat kolom
 - α_s = 40 (Kolom interior)
 - = 30 (Kolom eksterior)
 - = 20 (Kolom sudut)
 - β = $\frac{900}{900} = 1$
 - b_o = $2 \times (b_{kolom} + d) + 2 \times (h_{kolom} + d)$
= $2 \times (900 + 914) + 2 \times (900 + 914)$

$$\begin{aligned}
 &= 7256 \text{ mm} \\
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f_c} b_o d \\
 &= 14261079,07 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \left(\frac{\alpha s d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f_c} b_o d \\
 &= 24504009,33 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,33 \sqrt{f_c} b_o d \\
 &= 13981449,9 \text{ N} \\
 V_c \text{ pakai} &= 13981449,9 \text{ N} \\
 \emptyset V_c &= 0,75 \times V_c > P_u - P_{\text{Pile}} \\
 &= 10486,09 > 4907,52 \text{ kN (OK)}
 \end{aligned}$$

- Akibat tiang pancang

$$\begin{aligned}
 b_o &= \frac{1}{4} \pi (D_{\text{tiang pancang}} + d) \\
 &= 1189,09 \text{ mm} \\
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f_c} b_o d \\
 &= 2351438,357 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \left(\frac{\alpha s d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f_c} b_o d \\
 &= 18823901,77 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,33 \sqrt{f_c} b_o d \\
 &= 2305331,556 \text{ N} \\
 V_c \text{ pakai} &= 2305331,556 \text{ N} \\
 \emptyset V_c &= 0,75 V_c > P_{\text{pile}} \\
 &= 1718,430 > 986,278 \text{ kN (OK)}
 \end{aligned}$$

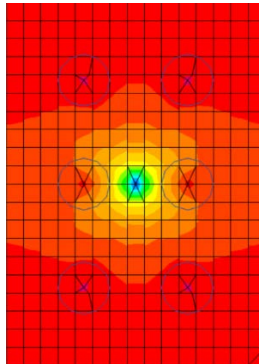
4.8.4.3 Penulangan Lentur Pile Cap

Penulangan Pile Cap meliputi penulangan untuk arah X dan penulangan arah Y dengan batas yang digunakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7} \\
 &= 0,764 \\
 - \rho_{\text{min}} &= 1,4/f_y
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0035 \\
 - \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
 &= 0,039 \\
 - \rho_{\text{max}} &= 0,75 \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,0292 \\
 - m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} \\
 &= 11,76
 \end{aligned}$$

Poer dianalisis sebagai balok kntrilever dengan jepit pada bagian kolom. Sedangkan beban yang bekerja pada kolom menjadi beban terpusat yang mengakibatkan reaksi pada tanah dibawah podasi dan berat poer sendiri.



Gambar 4.40 Momen Positif dan Momen Negatif Poer Tipe 1
Dari hasil permodelan poer pada ETABS didapatkan

$$\text{Mux positif} = 666.625.000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mux negatif} = 313.620.000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Muy positif} = 579.768.000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Muy negatif} = 204.466.000 \text{ Nmm}$$

- Penulangan tarik arah sumbu X

- Mu = 666.625.000 Nmm
- Rn = $\frac{Mu}{0,9 \cdot b \cdot d^2} = \frac{666.625.000}{0,9 \times 1000 \times 917,5^2}$
= 0,88 MPa
- ρ perlu = $\frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{fy}} \right) \right)$
= $\frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,88}{400}} \right) \right)$
= 0,0022 ($\rho \leq \rho \text{ min}$)

Maka digunakan = 0,0035

- As perlu = $\rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 1000 \times 917,5$
= 3211,25 mm²
- n Tulangan = $\frac{As \text{ perlu}}{As D25} = \frac{3211,25}{490,88}$
= 6,54 \approx 7 buah
- As pakai = 7 x 490,88
= 3436,13 mm²
- Jarak tulangan, S = $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{7} = 142 \text{ mm}$
- S pakai = 100 mm

Maka digunakan tulangan lentur dengan kondisi tarik arah X
D25 – 100 mm

- Penulangan tekan arah sumbu X

- As tekan = 0,5 As tarik
= 0,5 x 3436,13
= 1718,0625 mm²
- n tulangan = $\frac{As \text{ perlu}}{As D22} = \frac{1718,0625}{389,13}$
= 4,52 \approx 5 buah
- Jarak tulangan = $\frac{1000}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$
- S pakai = 100 mm

Maka digunakan tulangan lentur dengan kondisi tekan arah X
D22 – 100 mm

- Penulangan tarik arah sumbu Y
 - Mu $= 579.768.000 \text{ Nmm}$
 - Rn $= \frac{Mu}{0,9 \cdot b \cdot d^2} = \frac{579.768.000}{0,9 \times 1000 \times 892,5^2}$
 $= 0,81 \text{ MPa}$
 - ρ perlu $= \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{f_y}} \right) \right)$
 $= \frac{1}{11,76} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,81}{400}} \right) \right)$
 $= 0,0020 \text{ } (\rho \leq \rho \text{ min})$

Maka digunakan = 0,0035

- As perlu $= \rho b d = 0,0035 \times 1000 \times 892,5$
 $= 3123,75 \text{ mm}^2$
- n Tulangan $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D25}} = \frac{3123,75}{490,88}$
 $= 6,36 \approx 7 \text{ buah}$
- As pakai $= 7 \times 490,88$
 $= 3436,13 \text{ mm}^2$
- Jarak tulangan, S $= \frac{1000}{n} = \frac{1000}{7} = 142 \text{ mm}$
- S pakai $= 100 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan lentur dengan kondisi tarik arah Y
D25 – 100 mm

- Penulangan tekan arah sumbu X
 - As tekan $= 0,5 \text{ As tarik}$
 $= 0,5 \times 3436,13$
 $= 1718,0625 \text{ mm}^2$
 - n tulangan $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D22}} = \frac{1718,0625}{389,13}$
 $= 4,52 \approx 5 \text{ buah}$
 - Jarak tulangan $= \frac{1000}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur dengan kondisi tekan arah Y
D22 – 100 mm

4.8.5 Perencanaan sloof

Struktur sloof berfungsi untuk membuat penurunan pada pondasi terjadi secara bersamaan dan sebagai pengaku antar pondasi. Gaya yang bekerja pada sloof adalah beban sloof sendiri dan beban aksial tekan maupun tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom serta asumsi terdapat dinding diatas sloof.

- Dimensi sloof : 300 x 400 mm
- A_g : 120000 mm²
- f_c : 40 MPa
- f_y : 400 MPa
- Cover : 50 mm
- D lentur : 19 mm
- D sengkang : 10 mm
- d : $400 - 50 - 10 - 19/2 = 330,5$ mm
- L sloof : 7800 mm

- Penulangan Lentur

$$W_u = 1,4 \times [(2400 \times 0,3 \times 0,4) + (120 \times 4)]$$

$$= 1075,2 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times W_u \times L^2$$

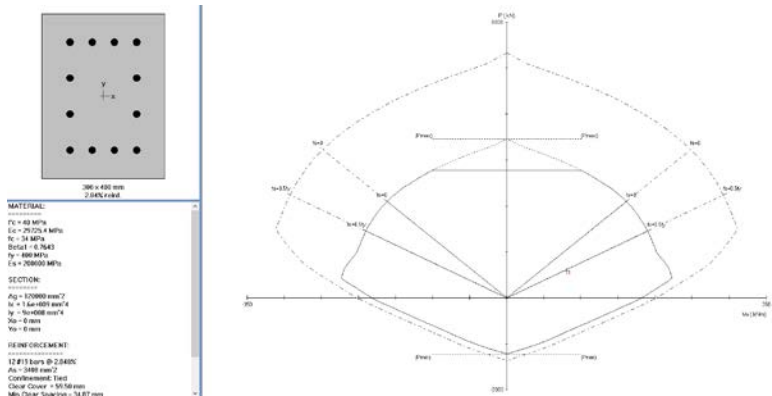
$$= 8176,896 \text{ kg.m}$$

$$= 81,769 \text{ kNm}$$

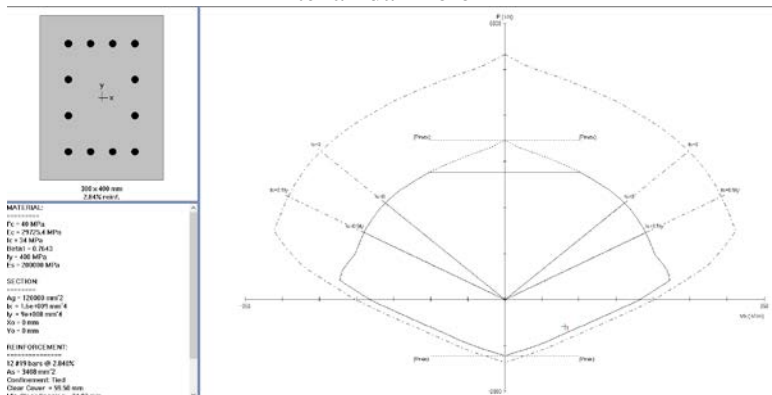
$$P \text{ kolom} = 5893,80 \text{ kN}$$

$$P_u = 10\% P \text{ kolom} = 0,1 \times 5893,80$$

$$= 589,38 \text{ kN}$$



Gambar 4.41 Diagram Interaksi Sloof terhadap beban aksial 10% tekan dari kolom



Gambar 4.42 Diagram Interaksi Sloof terhadap beban aksial 10% tarik dari kolom

Dari hasil analisis dari SpColumn didapatkan struktur sloof menggunakan tulangan lentur 12D19, dengan rasio tulangan sebesar 2,840% Ag memenuhi.

- Penulangan Geser

$$V_u = \frac{1}{2} \times W_u \times L = \frac{1}{2} \times 1075,2 \times 7,8$$

$$\begin{aligned} &= 41932,8 \text{ N} \\ V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 300 \times 330,5 \\ &= 104513,28 \text{ N} \\ \phi V_c &= 0,75 \times 104513,28 \\ &= 78384,96 \text{ N} > V_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Jarak Sengkang

$$\begin{aligned} S &= d/2 = 330,5 / 2 \\ &= 165,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

Sehingga digunakan tulangan geser D10 – 150 mm

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan perencanaan dalam Tugas Akhir “Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Amega Crown Residence Surabaya Menggunakan U-Boot Pada Flat Slab dan Kolom Pracetak” maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan struktur sesuai dengan SNI 1847:2013 dan ACI 318:14 adalah sebagai berikut:
 - a. Struktur Primer
 - Pelat
 - Lantai 1 – 13 : tebal 28 cm dan U-Boot H-16
 - Lantai Atap : tebal 25 cm dan U-Boot H-13
 - Drop Panel : 260 x 260 cm dan tebal 7 cm
 - Balok Tepi
 - B1 : 45 x 65 cm
 - B2 : 35 x 50 cm
 - Kolom
 - K1 : 90 x 90 cm
 - K2 : 75 x 75 cm
 - K3 : 50 x 50 cm
 - Shearwall
 - SW1 : tebal 30 cm
 - SW2 : tebal 25 cm
 - b. Struktur Sekunder
 - Tebal Pelat Tangga : 15 cm
 - Tebal Pelat Bordes : 15 cm
 - Balok Lift : 30 x 40 cm
 - c. Struktur Bawah
 - Pile Cap Tipe 1 : 6 Tiang Pancang
 - Pile Cap Tipe 2 : 28 Tiang Pancang

• Pile Cap Tipe 3 : 9 Tiang Pancang

2. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS dengan beban sesuai SNI 1726:2012, SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983.
3. Elemen pracetak menggunakan sambungan dari NMB Splice Sleeve untuk kolom-kolom dan kolom-poer.
4. Elemen selain kolom dan tangga tidak dibuat praacetak untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan.
5. Pondasi menggunakan produk dari PT. Wijaya Karya Beton dengan jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* diameter 600 mm dengan kedalaman 35 m.
6. Hasil dari analisa struktur dan perhitungan akan ditampilkan menjadi bentuk gambar dengan program bantu AutoCad pada halaman lampiran.

5.2 Saran

Dari analisis dan penyusunan tugas akhir ini dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Perencanaan harus memperhatikan aspek pelaksanaan dari segi kemudahan dan kelancaran aplikasi di lapangan.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai keefektifan flatslab dengan U-Boot sebagai struktur utama di dalam daerah rawan gempa, karena sistem U-Boot banyak di pakai pada zona gempa yang tidak rawan.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai permodelan dan perhitungan kebutuhan tulangan pada pelat U-Boot, karena pada tugas akhir ini penulis hanya menggunakan jurnal dan brosur yang berkaitan dan jumlahnya sangat terbatas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-M14. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. U. S. A : American Concrete Institute.
- Al-shaarbaf, I. A., Azzawi, A. A. A.-, & Abdulsattar, R. (2019). *A state of the art review on hollow core slabs A STATE OF THE ART REVIEW ON HOLLOW CORE SLABS*. (May 2018).
- Badan Standardasi Nasional. 2012. SNI-1726:2012 *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta : Badan Standardasi Nasional
- Badan Standardasi Nasional. 2013. SNI-1727:2013 *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta : Badan Standardasi Nasional
- Badan Standardasi Nasional. 2013. SNI-2847:2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia.
- Chung, J. H., Bae, B. Il, Choi, H. K., Jung, H. S., & Choi, C. S. (2018). *Evaluation of punching shear strength of voided slabs considering the effect of the ratio b_0/d* . *Engineering Structures*, 164(February), 70–81.
- Churakov, A. (2014). *Biaxial hollow slab with innovative types of voids*. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 6(21), 70–88.
- Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil kota Surabaya .2019. *Jumlah Penduduk Kota Surabaya*. [diakses 8 Januari 2020]. Tersedia di <http://dispendukcapil.surabaya.go.id/berita/483-jumlah-penduduk-kota-surabaya>
- Erviantom WI. (2006). *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi: Beton Pracetak & Bekisting*. Yogyakarta :

ANDI.

- Irawan, C., Suprobo, P., & Putu, R. I. G. (2015). *A Review of Prestressed Concrete Pile with Circular Hollow Section (Spun Pile) Jurnal Teknologi Full paper A Review of Prestressed Concrete Pile with Circular Hollow Section (Spun.* (January). <https://doi.org/10.11113/jt.v72.3950>
- Joseph, A. V. (2016). *M-TECH . SEMINAR REPORT* Submitted by ST . JOSEPH ' S COLLEGE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY , PALAI.
- Krismahadi, Widi; Wahyuono, P. (n.d.). *Perencanaan struktur gedung “ sunter park view apartment sunter -jakarta utara.”* 1–8.
- Lapi, M., Ramos, A. P., & Orlando, M. (2019). *Flat slab strenghtening techniques against punching-shear.* *Engineering Structures*, 180(May 2018), 160–180. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.033>
- Na, S., Paik, I., Yun, S. ho, Truong, H. C., & Roh, Y. S. (2019). *Evaluation of the Floor Impact Sound Insulation Performance of a Voided Slab Sistem Applied to a High-Rise Commercial Residential-Complex Building.* *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 13(1)
- PPIUG. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Gedung.*
- Rusli, Z., & Afifudin, M. (2018). *Faktor-Faktor Pertimbangan Penerapan Gedung Di Kota Banda Aceh. 1*, 857–868.
- Sarwendah, R., & Dewi, K. 2011. *SUSUN SEWA SEDERHANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH.*

Sastrodarsono, Suyono; Nakazawa, K. (1994). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*.

Susanti, E., Youlanda, N. A., & Winaya, A. (n.d.). (*WAFFLE SLAB*) *DAN PELAT KONVENSIONAL*. 25–36.

Terec, L. R., & Terec, M. A. (2013). *The bubbledeck floor sistem: A brief presentation*. *Constructii*, 14(2), 33.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



DRILLING LOG

KLIEN = PT. ESKAPINDO MATRA	TIBE BOR = ROTARY DRILLING	Remarks:
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN SIMPANG SH/USUN TOL WARU - SIDOARJO	MULAI = 31 JANUARI 2019	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR = BH-1	SELESAI = 2 FEBRUARI 2019	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH = -1.00 METER	MASTER BOR = HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK = SIMPANG SUSUN TOL WARU - SIDOARJO		

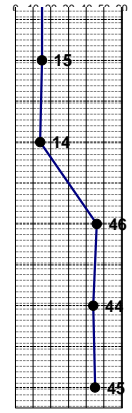
Scale in m	Elevation (LWL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test			N - Value		
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm				
														15 cm	15 cm		15 cm	
START OF BORING																		
0.00	0.00	-1.00			PASIR KERIKIL BATU		VERY SOFT TO SOFT	SPT 0 s/d 5			-2.00	SPT 1	5	1	2	3	5	
2.00	-2.00	-2.00			SIRTU	COKLAT					-2.50							
3.00	-3.00	-3.00			LEMPUNG PASIR KERIKIL		VERY STIFF	SPT = 22			-4.00	SPT 2	22	6	10	12	22	
4.00	-4.00	-4.00			LEMPUNG LANAU						-4.50							
5.00	-5.00	-5.00			PASIR	ABU - ABU	VERY STIFF	SPT = 25		UD 01	-5.00							
6.00	-6.00	-6.00			PASIR KASAR	ABU - ABU	MEDIUM TO HARD	SPT 10 s/d 42			-6.00	SPT 3	25	5	11	14	25	
7.00	-7.00	-7.00									-6.50	SPT 4	42	11	16	26	42	
8.00	-8.00	-8.00									-8.00							
9.00	-9.00	-9.00									-8.50	SPT 5	10	2	5	5	10	
10.00	-10.00	-10.00								UD 02	-10.00							
11.00	-11.00	-11.00									-10.50	SPT 6	11	3	5	6	11	
12.00	-12.00	-12.00									-12.00							
13.00	-13.00	-13.00									-12.50	SPT 7	10	2	4	6	10	
14.00	-14.00	-14.00									-14.00							
15.00	-15.00	-15.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		UD 03	-14.50	SPT 8	11	2	5	6	11	
16.00	-16.00	-16.00									-15.00							
17.00	-17.00	-17.00									-16.00	SPT 9	10	2	4	6	10	
18.00	-18.00	-18.00									-16.50							
19.00	-19.00	-19.00									-18.00	SPT 10	11	2	5	6	11	
20.00	-20.00	-20.00								UD 04	-18.50							
21.00	-21.00	-21.00									-20.00	SPT 11	11	3	5	6	11	
22.00	-22.00	-22.00									-20.50							
23.00	-23.00	-23.00									-22.00	SPT 12	10	4	4	6	10	
24.00	-24.00	-24.00									-22.50							
25.00	-25.00	-25.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM TO STIFF	SPT 10 s/d 15		UD 05	-24.00	SPT 13	10	3	5	5	10	
26.00	-26.00	-26.00									-24.50							
27.00	-27.00	-27.00									-26.00	SPT 14	11	3	5	6	11	
28.00	-28.00	-28.00									-26.50							
29.00	-29.00	-29.00									-28.00	SPT 15	15	5	7	8	15	
30.00	-30.00	-30.00									-28.50							
											-30.00							
											-30.50							



DRILLING LOG

KLIEN	=	PT. ESKAPINDO MATRA	TIPE BOR	=	ROTARY DRILLING	Remarks:
NAMA PROYEK	=	PEMBANGUNAN SIMPANG SH/USUN TOL WARU - SIDOARJO	MULAI	=	31 JANUARI 2019	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR	=	BH-1	SELESAI	=	2 FEBRUARI 2019	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	=	-1.00 METER	MASTER BOR	=	HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	=	SIMPANG SUSUN TOL WARU - SIDOARJO				

Scale in m	Elevation (LWL) 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				N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm				
														15 cm	15 cm	15 cm		
31.00	-31.00	-31.00																
32.00	-32.00	-32.00			LEMPUNG	ABU - ABU	VERY STIFF TO HARD	SPT 14 s/d 15			-32.00	SPT 16	15	5	6	9		
33.00	-33.00	-33.00									-34.00	SPT 17	14	4	6	8		
34.00	-34.00	-34.00									-34.50							
35.00	-35.00	-35.00									-36.00	SPT 18	46	9	20	26		
36.00	-36.00	-36.00			LEMPUNG LANAU PASIR HALUS KERIKIL	ABU - ABU GELAP	HARD	SPT = 46			-36.50							
37.00	-37.00	-37.00									-38.00	SPT 19	44	8	19	25		
38.00	-38.00	-38.00			LANAU PASIR HALUS	ABU - ABU GELAP	HARD	SPT 44 s/d 45			-38.50							
39.00	-39.00	-39.00									-40.00	SPT 20	45	9	20	25		
40.00	-40.00	-40.00									-40.50							
END 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

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. ESKAPINDO MITRA
PROYEK : PEMBANGUNAN SIMPANG SUSUN TOL WARU - SIDOARJO
LOKASI : SIMPANG SUSUN TOL WARU - SIDOARJO

TITIK BOR : BH-1
MASTER BOR : HARNO, CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC						CONSOLIDATION				
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	γsat	Pp	Cc	Cv
-5.00	2.586	0.867	100.00	33.53	46.44	1.849	1.385	1.849	*	*	*
-10.00	2.614	0.813	100.00	31.10	44.84	1.890	1.442	1.890	*	*	*
-15.00	2.637	1.298	100.00	49.22	56.48	1.712	1.148	1.712	1.08	0.826	1.38E-04
-20.00	2.659	1.252	100.00	47.09	55.60	1.737	1.181	1.737	*	*	*
-25.00	2.603	1.237	100.00	47.52	55.30	1.717	1.164	1.717	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	φ	Cu	φu	Cd	φd	Su (kPa)	Cu	
-5.00	0.00	87.28	12.72	NP	NP	NP	0	36	*	*	*	*	*	*	*
-10.00	0.00	91.47	8.53	NP	NP	NP	0	35	*	*	*	*	*	*	*
-15.00	0.00	6.12	93.88	61.25	30.95	30.30	*	*	0.47	0	*	*	*	*	*
-20.00	0.00	7.25	92.75	63.71	29.57	34.14	*	*	0.52	0	*	*	*	*	*
-25.00	0.00	6.72	93.28	60.59	30.25	30.34	*	*	0.43	0	*	*	*	*	*

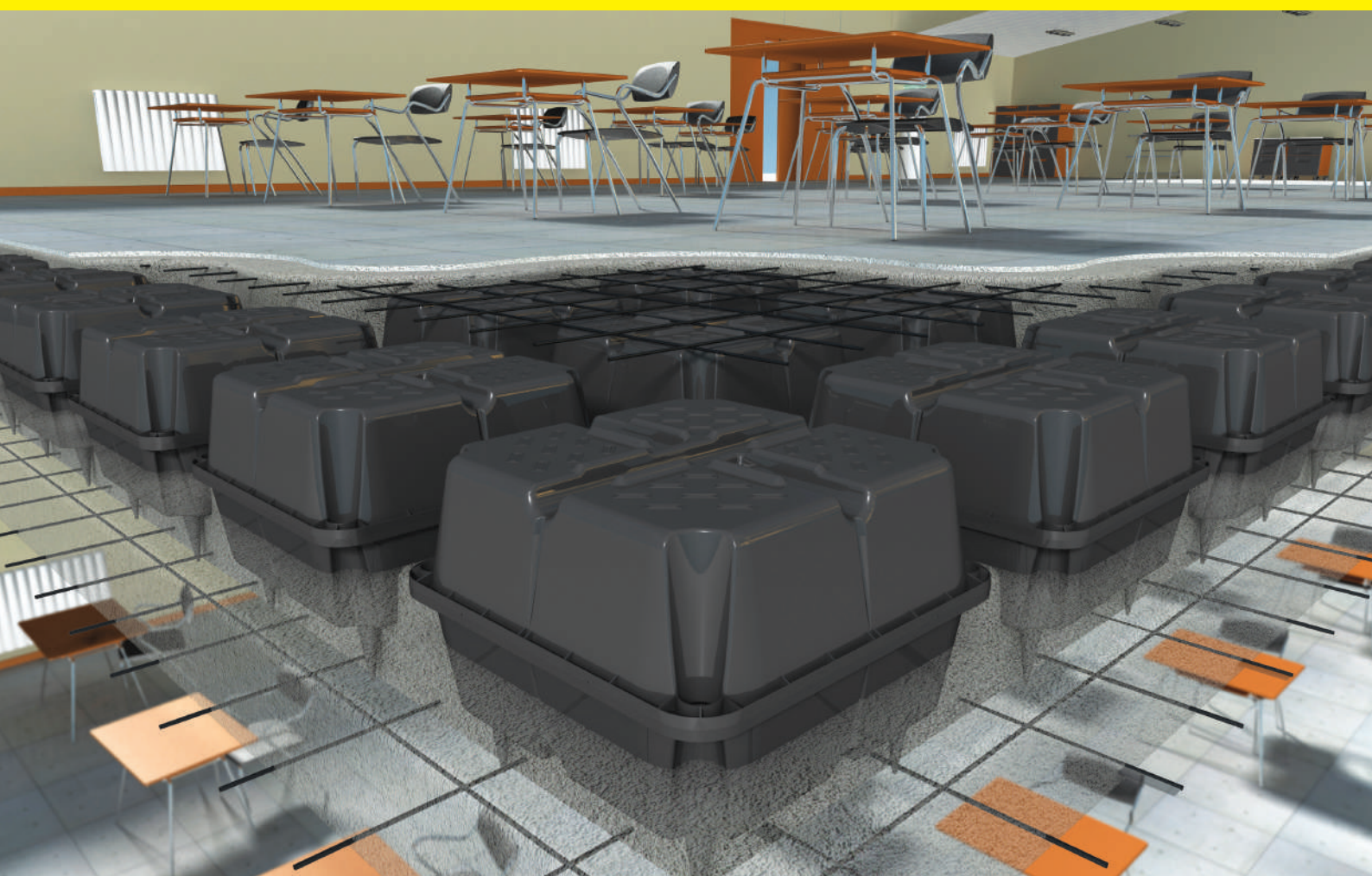
REMARK

- G = Gravel (%)
- S = Sand (%)
- S + Cl = Silt + Clay (%)
- e = Void ratio
- Gs = Specific Gravity
- n = Porosity (%)
- Sr = Degree of saturation (%)
- Wc = Water content (%)
- γt = Moisture density (gr/cc)
- γsat = Saturated density (gr/cc)
- γd = Dry density (gr/cc)
- LL = Liquid Limit (%)
- PL = Plastic Limit (%)
- IP = Plastic Index (%)
- Cc = Compression Index
- Cv = Coefficient of Consolidation (cm²/det)
- Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm²)
- * = Not test
- k = Coefficient of permeability (cm/sec)
- C = Cohesion of direct shear (kg/cm²)
- Cd = Drained cohesion triaxial test(kg/cm²)
- Cu = Undrained cohesion (kg/cm²)
- Su = Strength of vane test (kg/cm²)
- φ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
- φd = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
- φu = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)



u-boot[®] beton

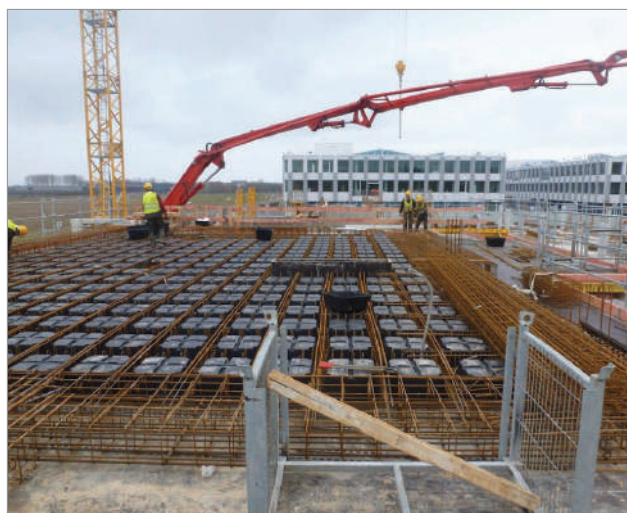
www.daliform.com



**Disposable formwork
for two-way voided slabs
in reinforced concrete
cast on site**



daliform
GROUP
Building Innovation © Creatori dell'Iglù[®]



u-boot beton®

U-Boot Beton® is a recycled polypropylene formwork that was designed to create lightened slabs and rafts. The use of **U-Boot Beton®** formwork makes it possible to create mushroom pillars, with the possibility to have the mushroom in the thickness of the slab.

Thanks to the conic elevator foot, immersing the **U-Boot Beton®** formworks in the concrete casting will create a gridwork of mutually perpendicular beams closed from the bottom and the top by a flat plate that is created with a single casting; this results in considerable reduction in the use of concrete and steel.

U-Boot Beton® is used to create slabs with large span or that are able to support large loads without beams.

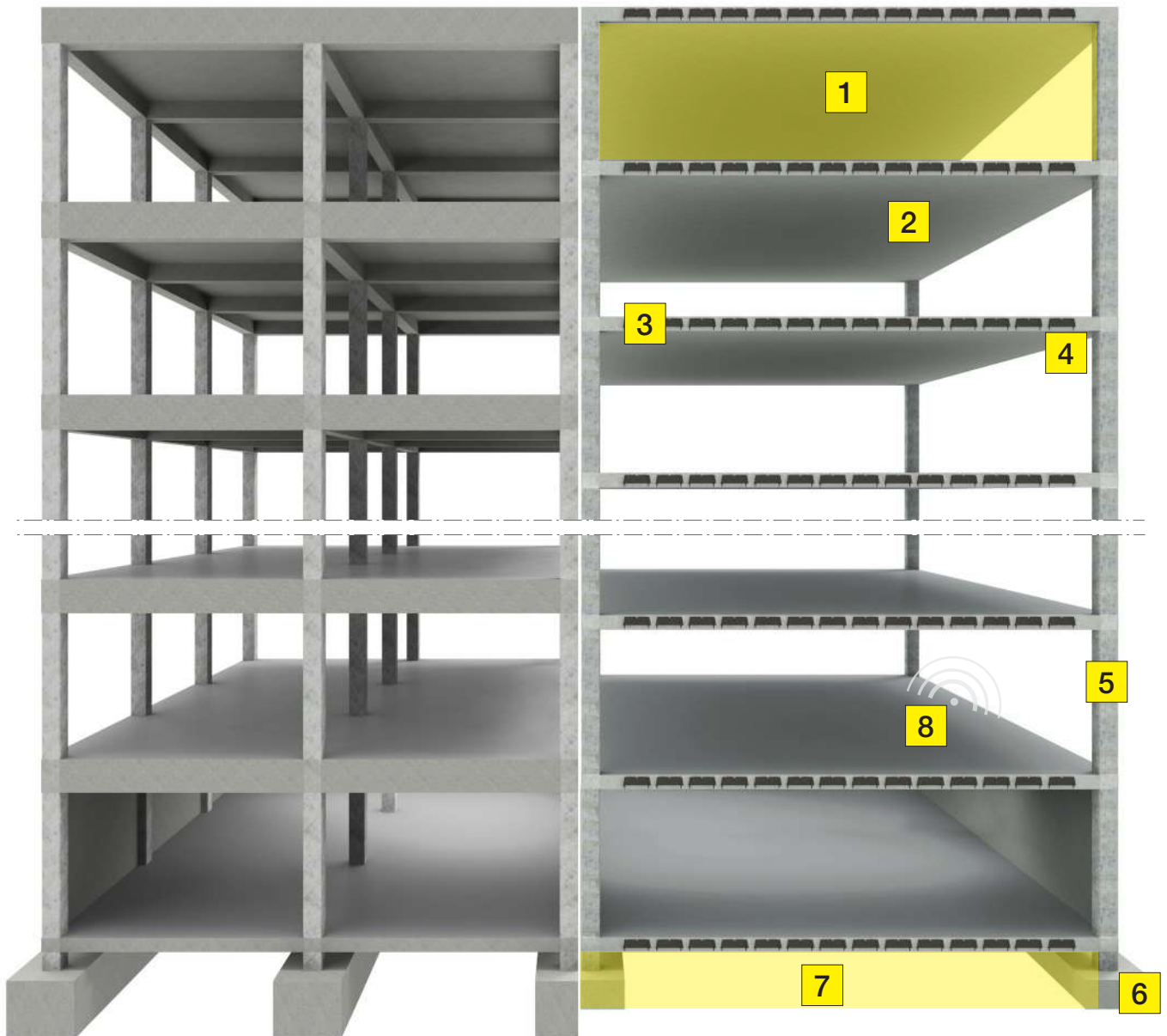
Light and quick and easy to position, thanks to their modularity the designer can vary the geometric parameters as needed to adapt to all situations with great architectural freedom.



Advantages

Traditional one way slab

System optimised with U-Boot Beton[®]



1 INCREASED NUMBER OF FLOORS

Possibility to gain floors at the same building height (towers) and building volume.

2 LARGE SPAN AND GREAT ARCHITECTURAL FREEDOM

Larger spaces.

3 REDUCED SLAB THICKNESS

Thinner slabs but with equal loads and clearances, or bigger clearances with an equal thickness.

4 NO BEAMS BETWEEN PILLARS

Flat soffit for greater flexibility when installing systems.

**5 OPTIMISATION OF THE SECTION OF PILLARS
REDUCTION IN THE NUMBER OF PILLARS**

Wider bays. Facilitated use reallocation.

6 REDUCTION IN THE OVERALL LOAD OF THE STRUCTURE WEIGHING ON THE PILLARS AND THE FOUNDATION

7 LESS DEEP FOUNDATION EXCAVATION

Lower costs for foundation excavations. Less excavation.

8 IMPROVED ACOUSTIC BEHAVIOUR

Less acoustic transmittance.

Real advantages

We are incorrectly led to estimate the advantage of a slab lightened with U-Boot Beton[®] limiting it to a mere comparison between savings in concrete and the cost of the formwork on the level of the slabs only. In this way however, as the analysis is immediate and intuitive, it does not account for the various economic, practical and operational advantages provided with U-Boot Beton[®] for the entire structure: less use of iron in the slabs, pillars and foundation up to a total of 15% (also in the case of variants); less concrete is used not only for the slabs but also for the columns and foundations; there are antiseismic advantages connected to reduced building weight; slimmer pillars and foundations, lower costs related to excavation for foundations; the arrangement, also irregularly if needed, of the pillars to reflect the architectural freedom of the structure. Reduction of work and overhead transfer of the formworks; advantages in on-site logistics.

Cheapness of U-Boot Beton [®] system		
Material consumption	Steel	Concrete
Structure type		
Slab	-15%	-25%
Pillars	-20%	-3/5%
Foundations	-20%	-3/5%



LIGHT - THIN - BIDIRECTIONAL

Reduction of weight up to 40%. Reduced deformations (maximum loss of stiffness- 15%). Reduction of the foundation load. Reduction of columns section or their number.

ECONOMIC

Lower concrete cost with an equal thickness.
 Lower steel cost.
 Savings in useful height on each level as there are no emerging beams.
 Possibility to gain floors at the same building height (towers) and building volume.
 Quick and easy to implement.
 Also indicated for the top-down technique.
 Possibility of large span at equal load or high load bearing capacity at an equal span.
 Economical and easy to transport, handle and store, also outdoors.
 The soffit has a flat surface that is ready to finish and does not require a false ceiling for aesthetic purposes.
 If a false ceiling, is required it can be created faster.

FLEXIBLE

Span up to 20 m. No beams between pillars. Reduction in the number of pillars. Can be used together with prefabs. Does not require handling and/or hoisting equipment. Possibility of single direction structures thanks to the bridge accessory.

EARTHQUAKE PROOF

Lower seismic mass. Fewer dimensional limitations for the elements. Double slab, upper and lower.

OPEN SPACES

Larger spaces. Greater architectural freedom. Simplified changes to the purpose of use.

FIRE RESISTANT

Considerable fire resistance certified REI 180 with a concrete cover of only 3 cm.

IMPROVED ACOUSTIC BEHAVIOUR

Thanks to the increased stiffness of the lower and upper slabs, acoustic transmittancy is decreased.

Applications



Hospital

U-Boot Beton[®] is used in all applications that require a structural plate together with the need to use less concrete and therefore for a lighter structure. **U-Boot Beton[®]** is the ideal solution for creating slabs with a large span and/or great load-bearing capacity: it is particularly suited for structures that require considerable open spaces, such as **executive, commercial and industrial buildings as well as public, civil and residential structures**. It makes it possible to more irregularly distribute the pillars, as beams do not need to be created. In the case of yards that are difficult to access or restructuring work, **U-Boot Beton[®]**, due to its stackability, modularity, lightness and manoeuvrability, can be used to make horizontal structures without the help of handling and hoisting equipment.

With **U-Boot Beton[®]** also foundation rafters can be created with a larger thickness with a reduced amount of concrete.



Multi-level parking building

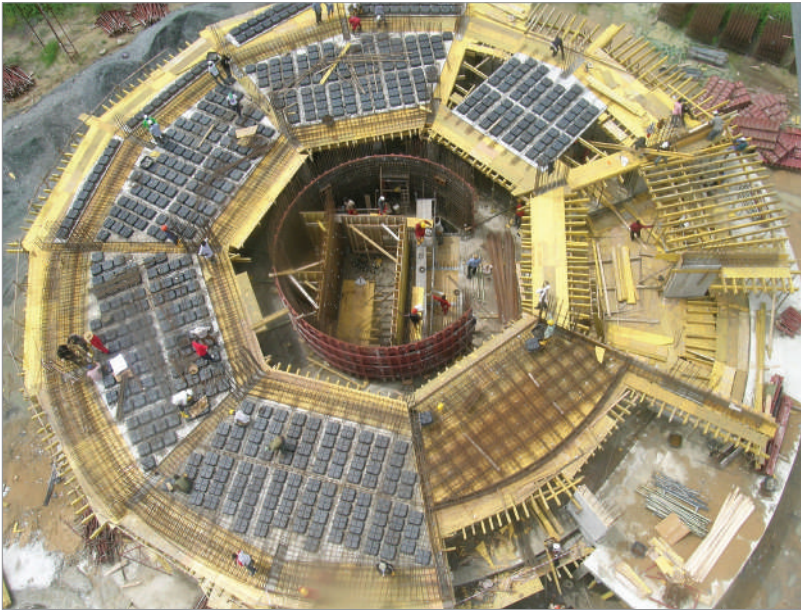


School

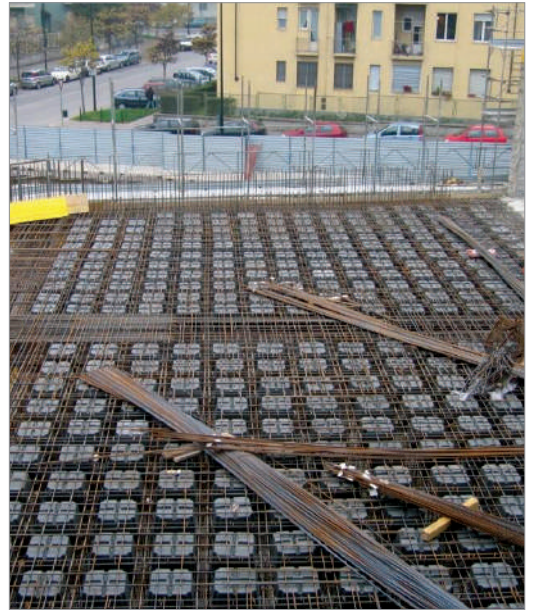


Public building

Photo gallery



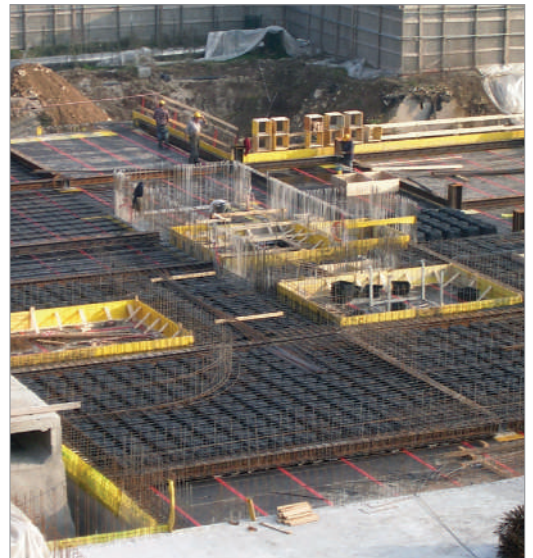
Tower building - Arch. Paolo Portoghesi



Automobile museum of Turin



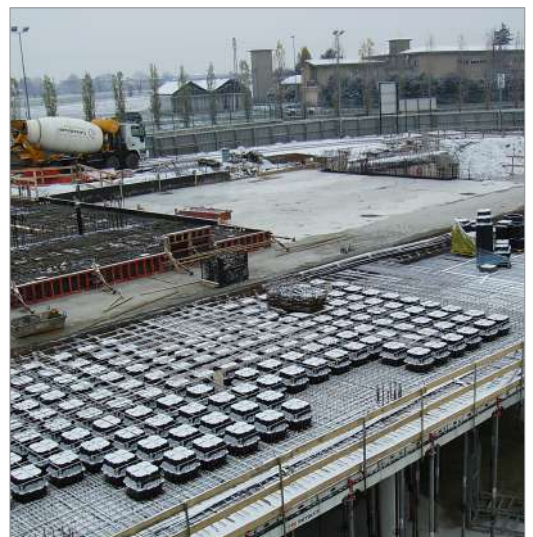
Project Vulcano Buono- Arch. Renzo Piano



Hospital Borgo Trento



Building for industrial use



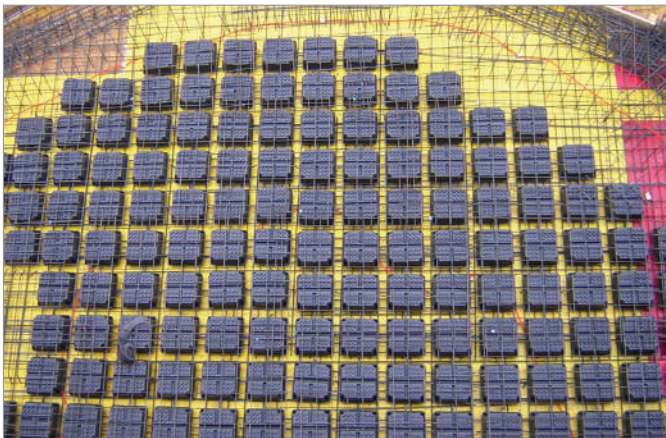
Headquarters of the ITC Lab Kilometro Rosso - Arch. Richard Meier

U-Boot Beton[®] parameter and consumption table

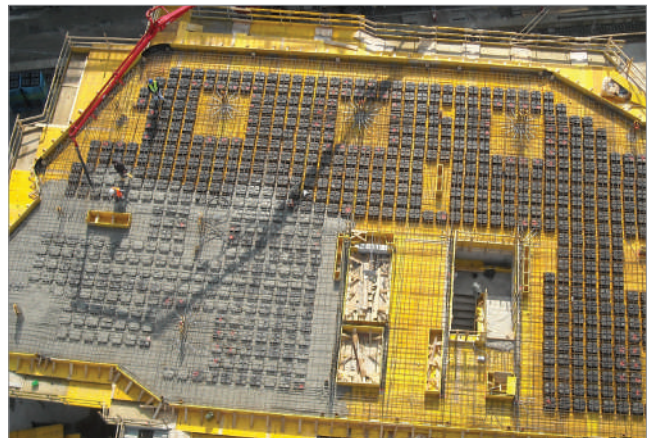
Formwork	Base	Height H	Feet p	Spacers d	Joist width	Joist centre distance	U-Boot incidence	Concrete saving		Concrete consumption
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	pcs/m ²	m ³ /pcs	m ³ /m ²	m ³ /m ²
u - 10	52 x 52	10	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0213	0,055	0,045
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 13	52 x 52	13	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0279	0,073	0,057
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 16	52 x 52	16	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,031	0,081	0,079
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 20	52 x 52	20	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,039	0,101	0,099
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 23*	52 x 52	23	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0492	0,128	0,102
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 24	52 x 52	24	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,047	0,122	0,118
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 26*	52 x 52	26	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0558	0,145	0,115
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 28	52 x 52	28	0-5-6-7-8-9-10-17	1	10	62	2,60	0,0527	0,137	0,143
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 29*	52 x 52	29	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0589	0,153	0,137
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 32*	52 x 52	32	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0643	0,167	0,153
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			
u - 33*	52 x 52	33	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0669	0,174	0,156
					12	64	2,44			
					14	66	2,30			
					16	68	2,16			
					18	70	2,04			
					20	72	1,93			

* Composed of two single elements

» The table of parameters and consumptions of the full range of U-Boot Beton[®] elements is available and downloadable on website www.daliform.com



Retirement home



Building for industrial use



Formwork	Base	Height H	Feet p	Spacers d	Joist width	Joist centre distance	U-Boot incidence	Concrete saving		Concrete consumption		
								m ³ /pcs	m ³ /m ²	m ³ /m ²		
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	pcs/m ²			m ³ /m ²		
u - 34*	52 x 52	34	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0683	0,178	0,162		
					12	64	2,44				0,167	0,173
					14	66	2,30				0,157	0,183
					16	68	2,16				0,148	0,1912
					18	70	2,04				0,139	0,201
					20	72	1,93				0,132	0,208
u - 36*	52 x 52	36	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0723	0,188	0,172		
					12	64	2,44				0,176	0,184
					14	66	2,30				0,166	0,194
					16	68	2,16				0,156	0,204
					18	70	2,04				0,147	0,213
					20	72	1,93				0,130	0,220
u - 37*	52 x 52	37	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0749	0,195	0,175		
					12	64	2,44				0,183	0,187
					14	66	2,30				0,172	0,198
					16	68	2,16				0,162	0,208
					18	70	2,04				0,153	0,217
					20	72	1,93				0,145	0,225
u - 38*	52 x 52	37	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,076	0,198	0,182		
					12	64	2,44				0,185	0,195
					14	66	2,30				0,175	0,205
					16	68	2,16				0,164	0,216
					18	70	2,04				0,155	0,225
					20	72	1,93				0,147	0,233
u - 40*	52 x 52	40	0-5-6-7-8-9-10-12	1	10	62	2,60	0,086	0,224	0,176		
					12	64	2,44				0,210	0,190
					14	66	2,30				0,198	0,202
					16	68	2,16				0,186	0,214
					18	70	2,04				0,175	0,225
					20	72	1,93				0,166	0,234
u - 41*	52 x 52	41	0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0806	0,210	0,200		
					12	64	2,44				0,197	0,213
					14	66	2,30				0,185	0,225
					16	68	2,16				0,174	0,236
					18	70	2,04				0,164	0,246
					20	72	1,93				0,156	0,254
u - 44*	52 x 52	44	0-5-6-7-8-9-10-12	1	10	62	2,60	0,087	0,226	0,214		
					12	64	2,44				0,212	0,228
					14	66	2,30				0,200	0,240
					16	68	2,16				0,188	0,252
					18	70	2,04				0,177	0,263
					20	72	1,93				0,168	0,272
u - 48*	52 x 52	48	0-5-6-7-8-9-10-12	1	10	62	2,60	0,0940	0,244	0,236		
					12	64	2,44				0,229	0,251
					14	66	2,30				0,216	0,264
					16	68	2,16				0,203	0,277
					18	70	2,04				0,192	0,288
					20	72	1,93				0,181	0,299
u - 52*	52 x 52	52	0-5-6-7-8-9-10-12	1	10	62	2,60	0,0997	0,259	0,261		
					12	64	2,44				0,243	0,277
					14	66	2,30				0,229	0,291
					16	68	2,16				0,215	0,305
					18	70	2,04				0,203	0,317
					20	72	1,93				0,192	0,328
u - 56*	52 x 52	56	0-5-6-7-8-9-10-17	1	10	62	2,60	0,1054	0,274	0,286		
					12	64	2,44				0,257	0,303
					14	66	2,30				0,242	0,318
					16	68	2,16				0,228	0,332
					18	70	2,04				0,215	0,345
					20	72	1,93				0,203	0,357

* Composed of two single elements

» The table of parameters and consumptions of the full range of U-Boot Beton[®] elements is available and downloadable on website www.daliform.com



Project Treviso Maggiore - Arch. Mario Botta

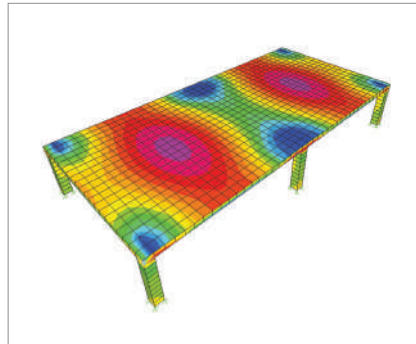


Building for residential use

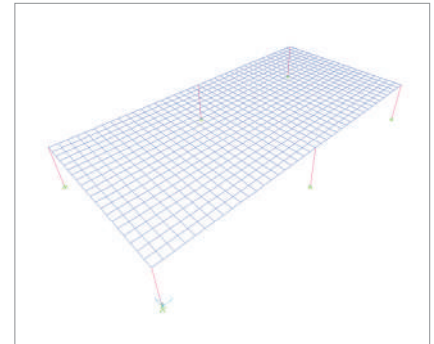
U-Boot Beton® slab planning scheme



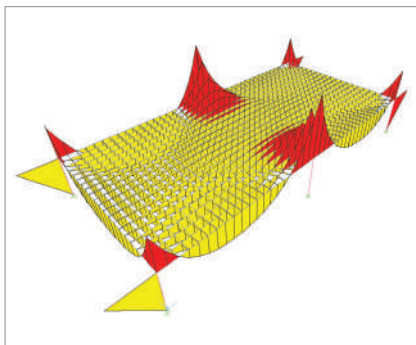
Modelling of a shell+solid undeformed structure.



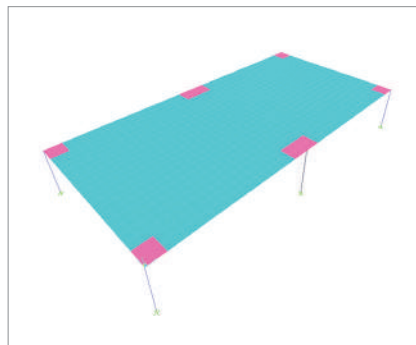
Modelling of a solid deformed structure and illustration of stress.



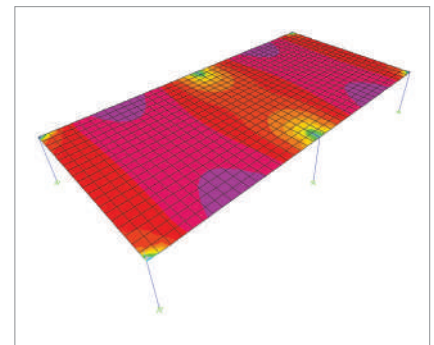
Modelling of a frame - undeformed structure



Modelling of a frame illustrating torque.

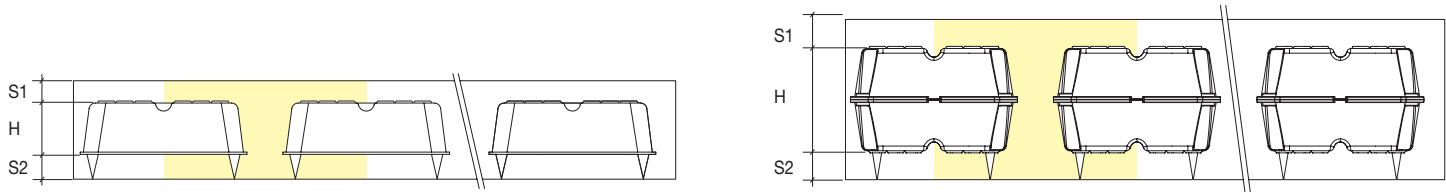


Modelling of a shell - undeformed structure



Modelling of a shell illustrating torque.

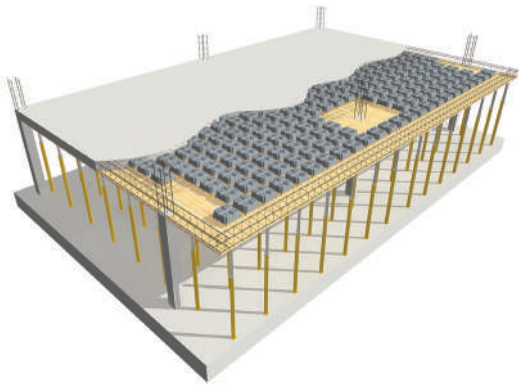
Characteristics of a U-Boot Beton® slab and comparison with a full slab



Square mesh clearance	Thickness of the proposed slab with overload 500 kg/m ²	S1	H U-Boot	S2	Lightened slab inertia*	Full slab inertia	Percentage loss of stiffness	Equivalent percentage loss of height	Lightened slab weight	Full slab weight	Weight savings
		cm	cm	cm	cm ⁴ /m	cm ⁴ /m	%	%	kg/m ²	kg/m ²	%
7	26	5	16	5	122.364	146.467	16	5,85	482,6	650,0	26
8	30	7	16	7	200.897	225.000	11	3,73	582,6	750,0	22
9	34	5	24	5	246.063	327.533	25	9,12	596,2	850,0	30
10	36	10	16	10	364.697	388.800	6	2,14	732,6	900,0	19
11	38	7	24	7	375.796	457.267	18	6,36	696,2	950,0	27
12	42	5	32	5	429.513	617.400	30	11,43	715,2	1050,0	32
12	44	10	24	10	628.396	709.867	11	4,02	846,2	1100,0	23
12	46	7	32	7	623.247	811.133	23	8,44	815,2	1150,0	29
13	50	5	40	5	673.542	1.041.667	35	13,56	828,8	1250,0	34
14	52	10	32	10	983.847	1.171.733	16	5,70	965,2	1300,0	26
14	54	7	40	7	944.075	1.312.200	28	10,43	928,8	1350,0	31
15	58	5	48	5	989.345	1.625.933	39	15,30	942,4	1450,0	35
15	60	10	40	10	1.431.875	1.800.000	20	7,38	1.078,8	1500,0	28
16	62	7	48	7	1.349.478	1.986.067	32	12,13	1.042,4	1550,0	33
18	68	10	48	10	1.983.678	2.620.267	54	8,90	1.192,4	1700,0	30

* Slab inertia calculated on 16 cm rib.

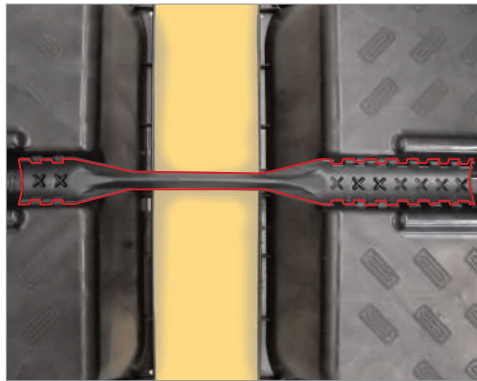
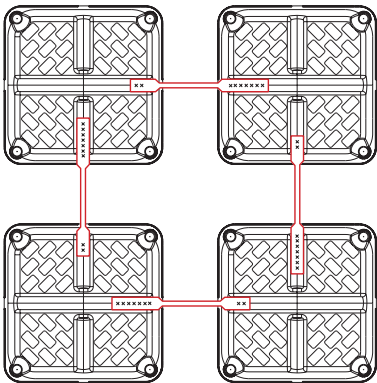
Beams in the slab thickness - The spacer joint



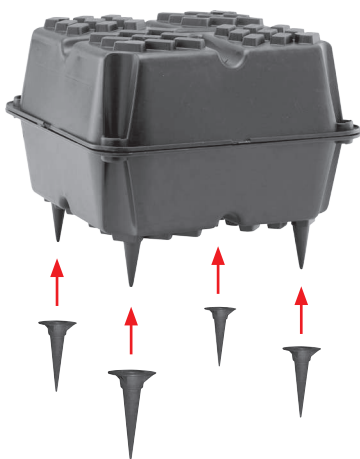
The U-Boot Beton® lightened plate slab has a perpendicular beam gridwork of the same thickness as the slab that transfers all stresses directly to the pillars around which it will suffice to leave a full zone of variable dimensions based on the shearing forces. Beam dimensioning and their perfect implementation on site depends on the orderly and precise layout of the lightening elements during installation but especially during casting.

Correct positioning of the U-Boot Beton® is guaranteed by an effective rigid spacer joint with graduated scale with which the desired width of the beams is quickly determined. The joint fits into the top of the formwork inside notches housing the fixing elements. Thanks to this system, the connection of the formworks is simple and quick because it is not hindered by the beam reinforcements.

The rigid interconnection ensures perfect geometric compliance with the design as well as with the bearing capacity of the formworks when casting under the pressure of the concrete, the weight of the operators and equipment.



Soffit slab with high thickness



In order to determine the thickness of the soffit slab, elevator feet of variable height, 11 to 20 cm, are available in addition to 0 to 10 cm feet: these accessories are to be grafted on site on the existing ones.

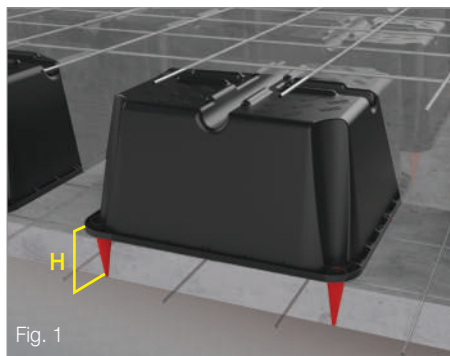
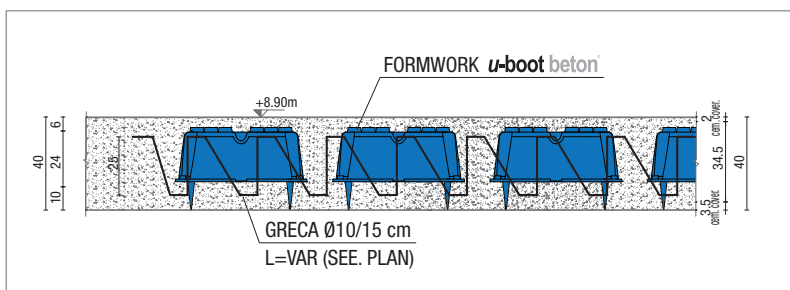


Fig. 1



Application example: voided slab with U-Boot Beton® single



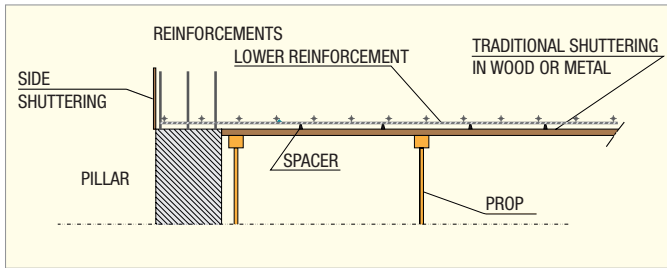
Purpose:

creation of a large span slab with low deformation, avoiding beams with non-standard thicknesses.

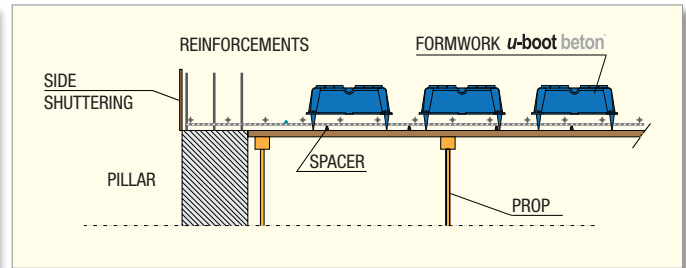
Advantages:

- lightens the structure
- less concrete use
- no lowered structures (beams)
- bidirectional structure

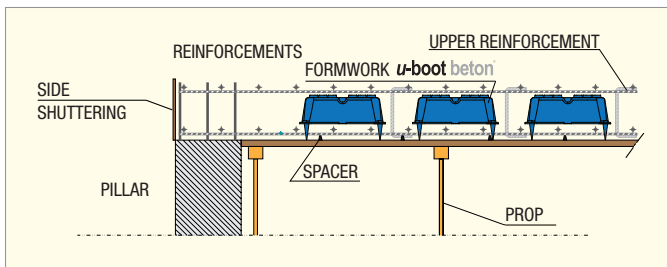
Installation



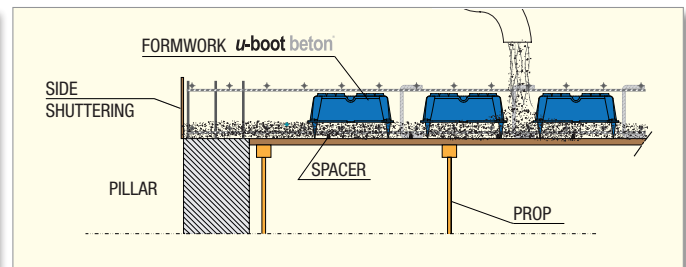
1 The entire surface of the slab to be cast on site is shuttered with wood deckings (or similar systems), then the lower reinforcement bars are positioned in two mutually perpendicular directions according to the design and the lattice for the upper reinforcement is arranged.



2 The **U-Boot Beton[®]** formworks are positioned using the lateral spacers joints to place them at the desired centre distance that will determine the beam width. Thanks to the conic elevator foot, the **U-Boot Beton[®]** formworks will be lifted from the surface, making it possible for the lower slab to be formed. If double or triple elements are used, these elements must first be assembled, which will be supplied on distinct pallets in the yard.

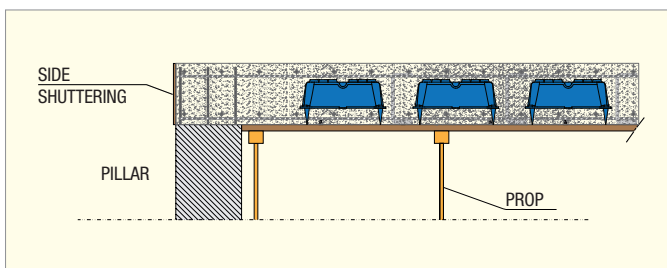


3 The positioning of the reinforcement is completed by placing above the **U-Boot Beton[®]** formwork the upper bars in the two directions as well as the reinforcement for shear and punching where necessary, according to the design.

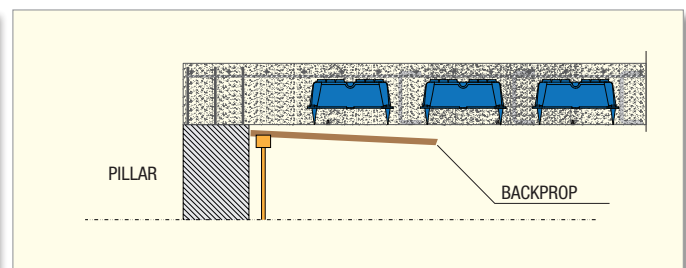


4 The concrete casting must be performed in two phases to prevent the floatation of the formworks: an initial layer will be cast to fill a thickness equal to the height of the elevator foot. Casting will continue for this first portion of the slab until the concrete starts to set and become semi fluid.

⚠ Wait a period of time (depending of fluidity of concret and climatic condition) before the second casting of the concrete.

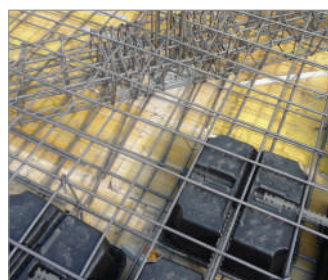


5 Once suitably set, the casting can be restarted from the starting point, completely burying the **U-Boot Beton[®]**. The casting is then levelled and smoothed in a traditional manner.



6 Once the structure has hardened, the formwork can be removed. The surface is smooth in correspondence of the soffit.

⚠ Comply with the requirements for concrete.



Photographic details of the complete sequence of positioning the scaffolding, positioning the **U-Boot Beton[®]**, reinforcement of the structure to be performed on site, casting and final smoothing.

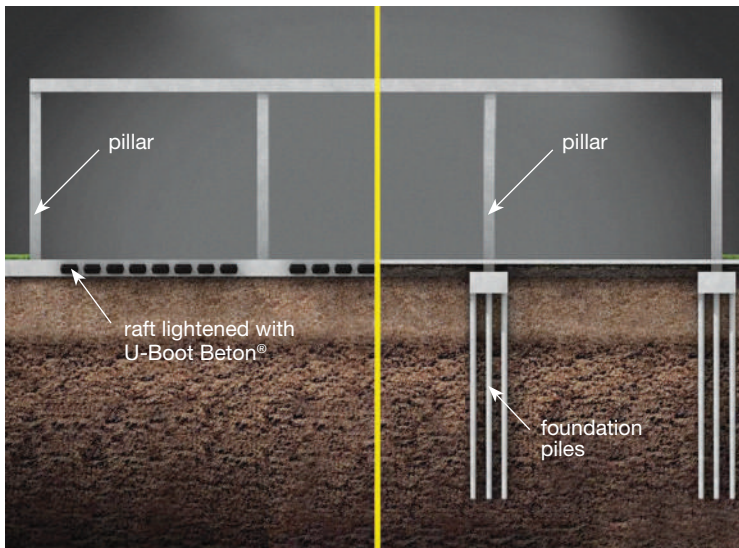
Application examples: rafts

Among the various foundation types, rafts are one of the most well known. They are used above all in ground conditions with little bearing capacity, or with poor quality soil, large thicknesses must be used which increases the construction cost.

Thanks to the use of **U-Boot Beton[®]** lightened rafts can be created with the same performance but at a considerably lower cost.

Once down in the concrete casting, **U-Boot Beton[®]** forms the structure just like two full slabs, with a variable thickness, connected by a perpendicular beam gridwork to form a bidirectional static honeycomb plate.

For this concrete bed, the distribution of weights due to high inertia is rationalised in order to permit maximum stiffness and lightness for the structure with a minimum amount of concrete, which makes it possible to eliminate, where possible, the **foundation piles**.



Application example: foundation raft with U-Boot Beton[®] double

Purpose:
creation of very rigid rafts, minimising the quantity of concrete and the foundation weight in the case of inconsistent ground surfaces.

Advantages:

- lightens the structure
- less concrete use
- structure stiffness
- decrease on stress on the ground
- elimination of foundation piles

U-Boot Beton[®]: excellence

The quality of the used mixture, the innovative shape, the thicknesses and dimensions of the product, the fire safety and strict working techniques make it a product of excellence.

U-Boot Beton[®], is not subject to deformations, either during or after the casting, either due to the weight of the concrete or the dynamic effect connected to the work operations: it is able to support before casting the workers and fresh concrete, the pressure created during the compression and vibration of the casting, the weight of people, reinforced concretes and equipment guaranteeing conditions of safety, and lack of deformations. Furthermore, the safety of the lateral spacer guarantees its perfect positioning and respect of the geometry of the beams under the pressure of the concrete.

Numerous national and international Product and System Certifications have been received that prove not only product quality, but also the validity of the constructive solutions and the applications in the building industry

All of this, together with the advantages mentioned below, make **U-Boot Beton[®]** the product of reference for operators and professionals.

U-Boot Beton[®]: advantages compared to other systems for lightened structures

Further advantages deriving from **U-Boot Beton[®]** compared to other systems for lightened structures (polystyrene or hollow block) are the dimensions, handling (just think of transferring it overhead onto the slabs being built) and outdoor storage both on the ground and at heights. One pallet of **U-Boot Beton[®]** H 20 is sufficient for a slab of about 300 m².

The hollow blocks are heavy, bulky, frangible and cannot be stacked.

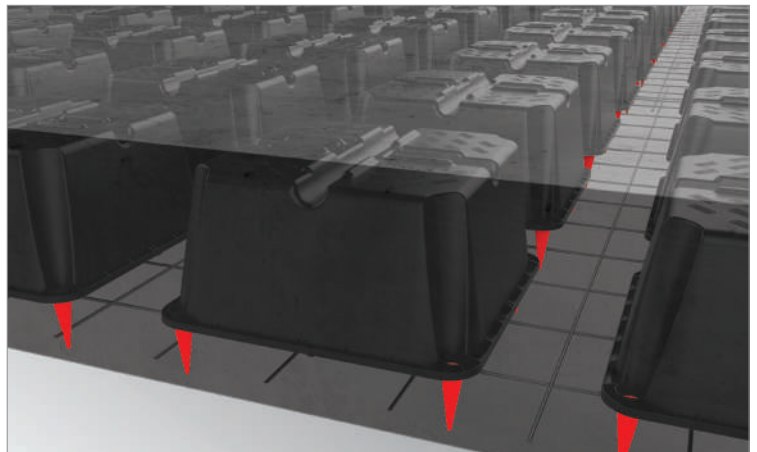
Polystyrene is bulky, cannot be stacked, can absorb water causing phenomena of efflorescence; it is particularly fragile leaving those annoying balls that, statically charged, stick to everything (especially to the reinforcements) and are very hard to get rid of.



U-Boot Beton[®] or polystyrene formwork?

With reference to lightened slabs, the Italian Ministerial Decree of 16.02.2007 to enclosure D.5.1 establishes that: *"In the case of polystyrene formworks, or formworks in similar materials, there must be appropriate vents for the overpressures"*. Even prior to this, the UNI 9502 standard - article 7.2.2 - established that: *"In the case of elements incorporating materials that when subject to high temperatures turn to gas, there must be appropriate vents facing the side exposed to fire to ensure that the bearing capacity is not compromised by explosions"*.

Therefore, using polystyrene slabs cast on site requires the extra expense of fitting vents in the cavity to counteract the excessive pressure of gas that is sublimated by the formwork. However, in the event of a fire there would still be the problem of toxic gas escaping into the environment (styrene).



U-Boot Beton[®] is made of polypropylene, it is not toxic even if burnt. Moreover, the slab will not explode due to the escaping of overpressurised gas from the feet (4 feet for each formwork) that act as safety valves. Tests run at the CSI laboratory have demonstrated that with a cement cover of 3 cm the structure created with U-Boot Beton[®] is class REI 180.

u-boot[®] beton

H.13 cm SINGLE



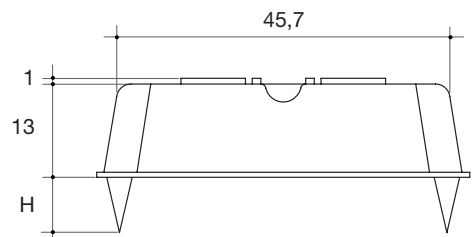
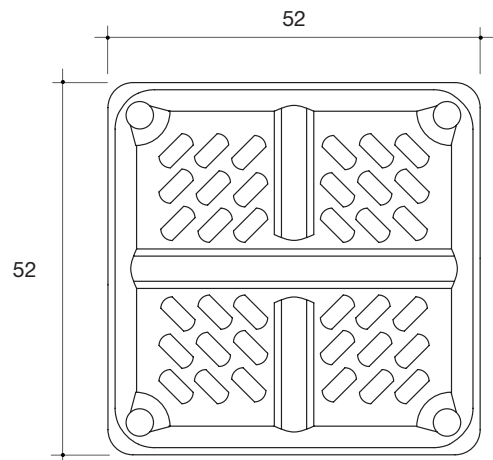
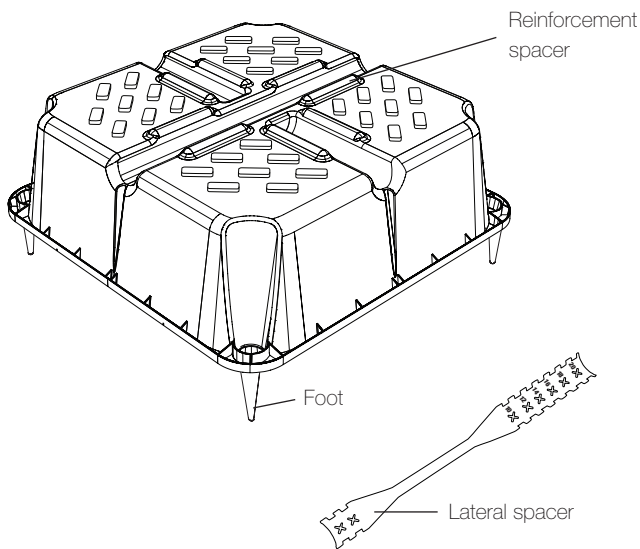
Made of ALAPLEN® CV30

Disposable formwork for the formation of bidirectional voided slabs (or foundation slabs).

This technology allows the easy formation of slabs with large spans and for heavy loads, with a completely flat soffit, as well as with the beams or the capitals of the structural grid contained within the thickness of the slab.

The formwork, immersed in the concrete casting, realizes a grid of perpendicular joists, closed, on top and bottom, by a flat plate. All of the stress should be transferred directly on the pillars, around which a full-concrete zone should be left.

U-Boot Beton® is the ideal solution for creating slabs with a large span and/or great load-bearing capacity: it is particularly suited for structures that require considerable open spaces, such as executive, commercial and industrial buildings as well as public, civil and residential structures. It allows a greater irregularity in the distribution of the pillars, not requiring the construction of beams.



The figures are by way of example: The reinforcement spacers might have different shapes and positioning.

Measures are in cm.



kg 1,240 Piece weight



m³ 0,0280 Piece volume

Installation times for single U-Boot Beton®: 35 m²/h

PARAMETER AND CONSUMPTION TABLE

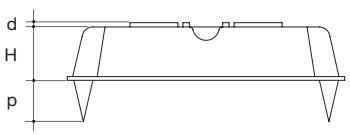
Feet H cm	Spacers H cm	Joist width cm	Joist centre distance cm	U-boot incidence	Concrete saving* m ³ /pcs	Concrete saving* m ³ /m ²	Concrete consumption m ³ /m ²
0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0280	0,073	0,057
0-5-6-7-8-9-10	1	12	64	2,44	0,0280	0,068	0,062
0-5-6-7-8-9-10	1	14	66	2,30	0,0280	0,064	0,066
0-5-6-7-8-9-10	1	16	68	2,16	0,0280	0,060	0,070
0-5-6-7-8-9-10	1	18	70	2,04	0,0280	0,057	0,073
0-5-6-7-8-9-10	1	20	72	1,93	0,0280	0,054	0,076

*As well as saving of concrete, the weight of the building will be lower (since the foundations and the structural grid are leaner).

To contact the technical office: Tel. +39 0422 208350 - tecnico@daliform.com - To obtain updated technical cards, support material, new photos and case studies, go to www.daliform.com - The technical consultancy is only valid for the Daliform Group construction systems.

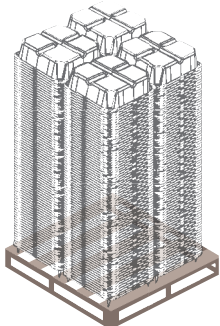
TECHNICAL DATA AND PACKING

U-BOOT SINGLE H 13 cm

	Working dimensions	cm	52 x 52
	Height H	cm	13
	Foot height p	cm	0-5-6-7-8-9-10
	Spacer height d	cm	1
	Weight per piece	kg	1,240
	Piece volume	m ³	0,0280
	Pallet dimensions	cm	110 x 110 x 250 h
	Pallet pieces*	pcs/PAL	600
	Pallet weight*	kg/PAL	920

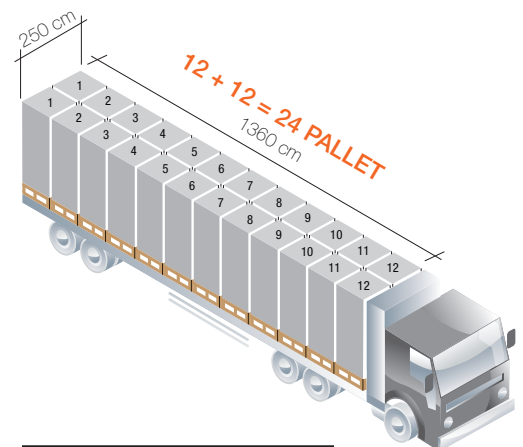
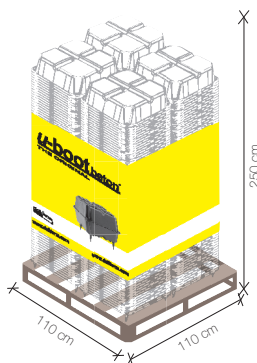
* For production necessity the technical data can be change.

Packing and trucking



1 pallet: 4 piles of 150 pieces

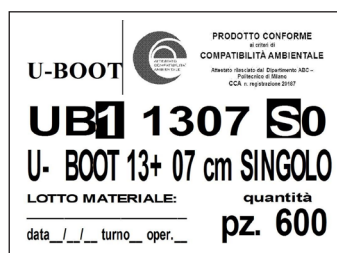
Pieces per pallet: 600



Pieces per truck: 14.400

Labelling

Each pallet is identified with:



A label with the following informations:



- product's name and code;
- quantity;
- Certificate of the Environmental Compatibility;
- date of production, shift of production;
- n° of the worker;
- production line batch.

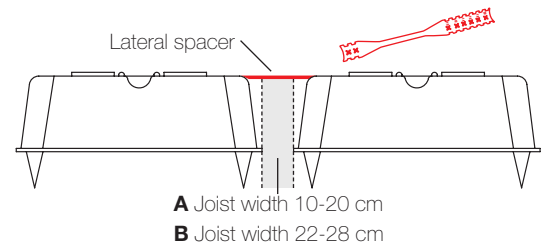
Certifications

- Fire Resistance Certificate REI 180;
- Certification of a Load Test on an Attic with U-Boot Beton®;
- Acoustic test according to the standard UNI EN ISO 140-6 - Laboratory measurements of the insulation footstep noise;
- Acoustic test according to the standard UNI EN ISO 140-3 - Laboratory measurements of the insulation of air-borne noise from building elements;
- Rupture load tests;
- System Certifications UNI EN ISO 9001, UNI EN ISO 14001, BS OHSAS 18001 e SA 8000;
- Certificate of Environmental Compatibility (CCA);
- Member of the Green Building Council Italy.

A coloured band with the Logo, a type image of the product, the Company Name, a web reference and any warnings.


LATERAL SPACER

			A	B	
A		Length	cm	41,5	50
B		Weight per piece	kg/pcs	0,042	0,050
		Pieces per box	pcs	400	400

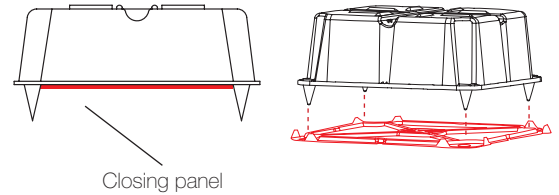


ACCESSORIES

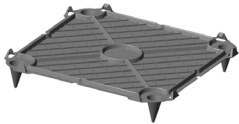
CLOSING PANEL WITH 4 HOLES

	Useful size	cm	52,5 x 52,5	
	Thickness	cm	0,2	
	Weight per piece	kg/pcs	0,560	
	Pieces per box	pcs	1.840*	

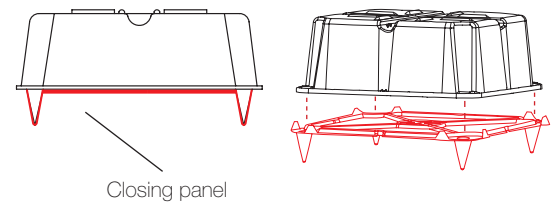
Usable with U-Boot Beton® Single with incorporated feet.
* On 20 and 40 feet containers, there are 1600 pieces per box.




LCLOSING PANEL WITH 4 FEET

	Useful size	cm	52,5 x 52,5	
	Thickness	cm	0,2	
	Weight per piece	kg/pcs	0,570*	
	Pieces per box	pcs	1.600	

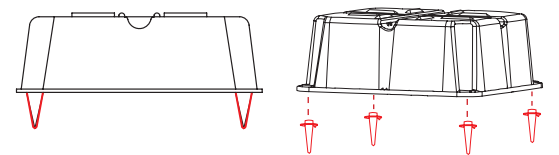
Usable with U-Boot Beton® Single without incorporated feet.
* Weight referring to the closing panel with foot h 5 cm. The information could change depending on the foot's height and the recycled material used.



UNMOVABLE FOOT from H.05 to H.20 cm

	Useful size	H cm	from 05	to 20
	Weight per piece	kg	from 0,014	to 0,048

To assemble individually, NOT above the existing.



The information contained in this catalogue could be changed. Please request updated informations from DALIFORM GROUP, which reserves the right to make changes at any moment without notice. In consideration of recycled material, it is specified that there are tolerance margins caused by environmental factors.

u-boot[®] beton[®]

H.16 cm SINGLE



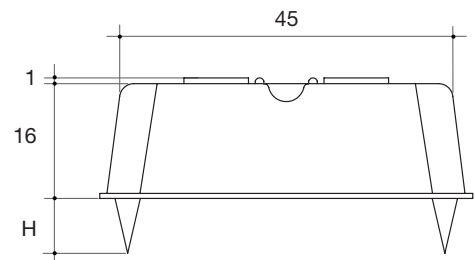
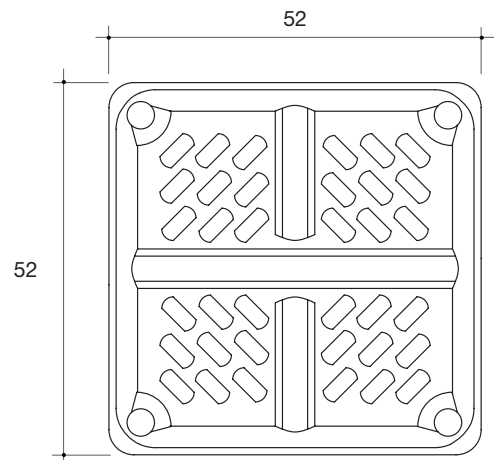
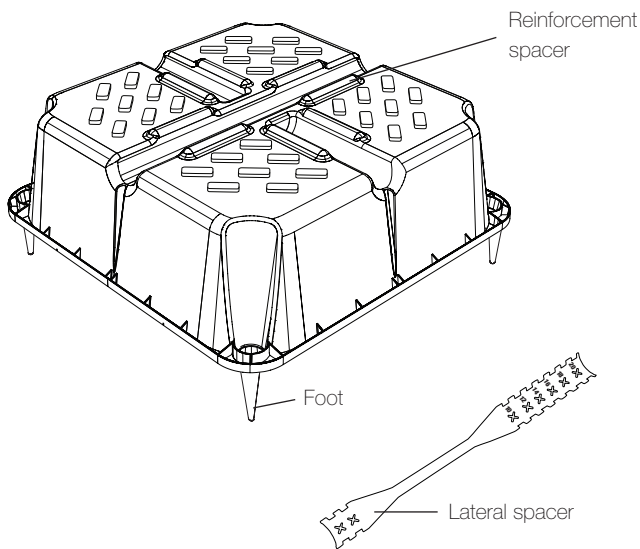
Made of ALAPLEN[®] CV30

Disposable formwork for the formation of bidirectional voided slabs (or foundation slabs).

This technology allows the easy formation of slabs with large spans and for heavy loads, with a completely flat soffit, as well as with the beams or the capitals of the structural grid contained within the thickness of the slab.

The formwork, immersed in the concrete casting, realizes a grid of perpendicular joists, closed, on top and bottom, by a flat plate. All of the stress should be transferred directly on the pillars, around which a full-concrete zone should be left.

U-Boot Beton[®] is the ideal solution for creating slabs with a large span and/or great load-bearing capacity: it is particularly suited for structures that require considerable open spaces, such as executive, commercial and industrial buildings as well as public, civil and residential structures. It allows a greater irregularity in the distribution of the pillars, not requiring the construction of beams.



The figures are by way of example: The reinforcement spacers might have different shapes and positioning.

Measures are in cm.



kg 1,430 Piece weight



m³ 0,0350 Piece volume

Installation times for single U-Boot Beton[®]: 35 m²/h

PARAMETER AND CONSUMPTION TABLE

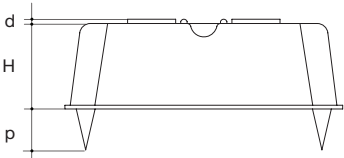
Feet H cm	Spacers H cm	Joist width cm	Joist centre distance cm	U-boot incidence	Concrete saving* m ³ /pcs	Concrete saving* m ³ /m ²	Concrete consumption m ³ /m ²
0-5-6-7-8-9-10	1	10	62	2,60	0,0350	0,091	0,069
0-5-6-7-8-9-10	1	12	64	2,44	0,0350	0,085	0,075
0-5-6-7-8-9-10	1	14	66	2,30	0,0350	0,081	0,080
0-5-6-7-8-9-10	1	16	68	2,16	0,0350	0,076	0,084
0-5-6-7-8-9-10	1	18	70	2,04	0,0350	0,071	0,089
0-5-6-7-8-9-10	1	20	72	1,93	0,0350	0,068	0,092

*As well as saving of concrete, the weight of the building will be lower (since the foundations and the structural grid are leaner).

To contact the technical office: Tel. +39 0422 208350 - tecnico@daliform.com - To obtain updated technical cards, support material, new photos and case studies, go to www.daliform.com - The technical consultancy is only valid for the Daliform Group construction systems.

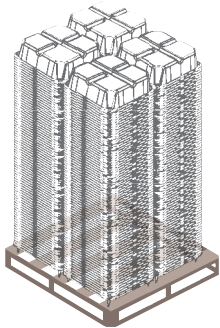
TECHNICAL DATA AND PACKING

U-BOOT SINGLE H 16 cm

	Working dimensions	cm	52 x 52
	Height H	cm	16
	Foot height p	cm	0-5-6-7-8-9-10
	Spacer height d	cm	1
	Weight per piece	kg	1,430
	Piece volume	m ³	0,0350
	Pallet dimensions	cm	110 x 110 x 250 h
	Pallet pieces*	pcs/PAL	440
	Pallet weight*	kg/PAL	850

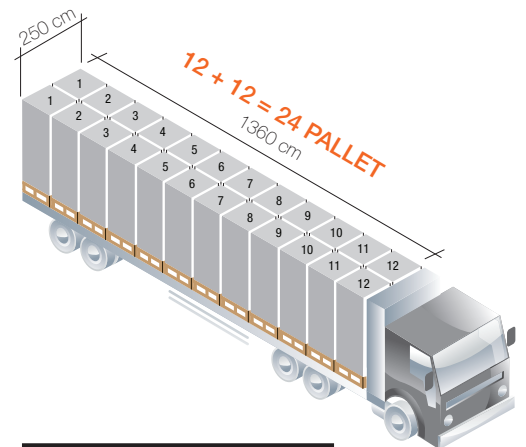
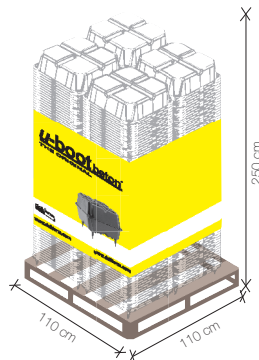
* For production necessity the technical data can be change.

Packing and trucking



1 pallet: 4 piles of 110 pieces

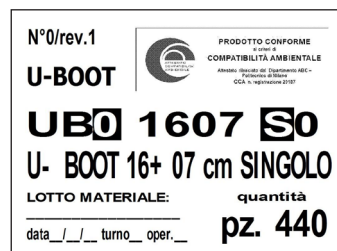
Pieces per pallet: 440



Pieces per truck: 10.560

Labelling

Each pallet is identified with:



A label with the following informations:

- product's name and code;
- quantity;
- Certificate of the Environmental Compatibility;
- date of production, shift of production;
- n° of the worker;
- production line batch.

Certifications

- Fire Resistance Certificate REI 180;
- Certification of a Load Test on an Attic with U-Boot Beton®;
- Acoustic test according to the standard UNI EN ISO 140-6 - Laboratory measurements of the insulation footstep noise;
- Acoustic test according to the standard UNI EN ISO 140-3 - Laboratory measurements of the insulation of air-borne noise from building elements;
- Rupture load tests;
- System Certifications UNI EN ISO 9001, UNI EN ISO 14001, BS OHSAS 18001 e SA 8000;
- Certificate of Environmental Compatibility (CCA);
- Member of the Green Building Council Italy.

A coloured band with the Logo, a type image of the product, the Company Name, a web reference and any warnings.

TECHNICAL MANUAL



JENKA[®] Lifting System

Threaded Lifting System for all Load Directions

Version: PEIKKO GROUP 04/2016



JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting and handling of all types of precast concrete elements.

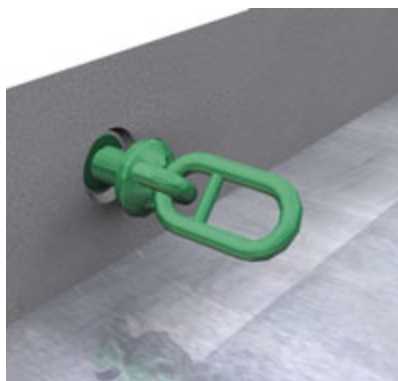
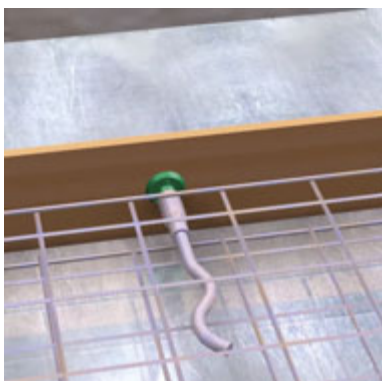
The JENKA Lifting System consists of a threaded JENKA Lifting Insert cast into a concrete element and a JENKA Lifting Key, together enabling a crane hook or lifting accessories such as lifting slings or spreader beams to be connected to the precast concrete element for lifting and handling.

The anchoring of the JENKA Lifting System is based on effective rebar and threaded sockets assembled on plane or recessed leaving the element surface free.

- The most economical lifting system
- Wide range of applications
- Safe working load (SWL) capacities up to 125kN
- Small recess – cover plugs available in plastic and stainless steel
- Color coding and individual serial numbering for JENKA Lifting Keys
- Improved working safety – no protruding above the concrete surface

All Peikko Lifting Systems are designed and manufactured in accordance with EU Machinery Directive 2006/42/EC and VDI/BV-BS 6205.

Product safety in use has been verified by a series of tests conducted in cooperation with the Technical University TU Darmstadt.



1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

JRd30: JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

JM30: JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available up on request)

1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in *Figure 20* and *Table 15*. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

Figure 20. WAS, BSA and PSA insert types.

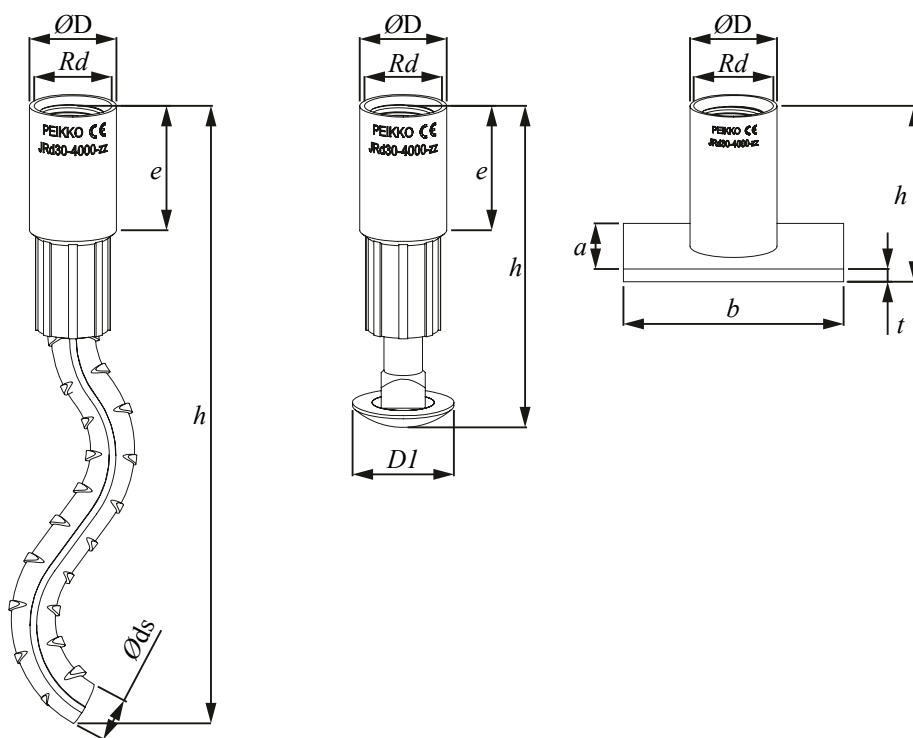
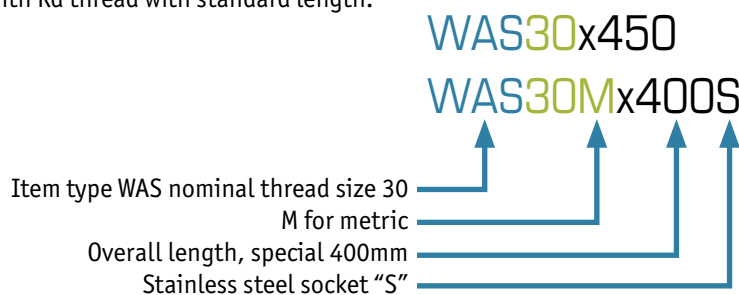


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØD1 [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117

Ordering example for Peikko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

1.2.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
12	0.1	0.1	0.1
14	0.1	0.1	0.1
16	0.2	0.1	0.1
18	0.3	0.2	0.2
20	0.4	0.3	0.3
24	0.6	0.4	0.4
30	1.2	0.7	0.7
36	2.0		1.2
42	3.1		1.8
52			2.9

1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011
 Machinery directive 2006/42/EC
 VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLW) can be used at an angle β of 0–45°.


The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. **The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa.**  Min 15MPa

Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.




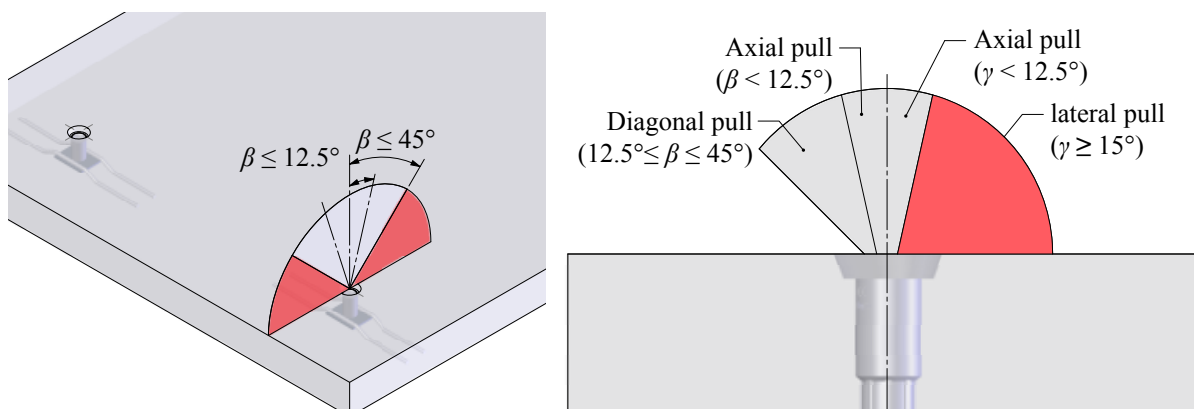
Item No. JRd/JM	Load Class	WAS SWL for β 0-45° [kN]	BSA SWL for β 0-45° [kN]	PSA SWL for β 0-45°		
				at 15 MPa [kN] 	at 20 MPa [kN] 	at 25 MPa [kN] 
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Peikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Peikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

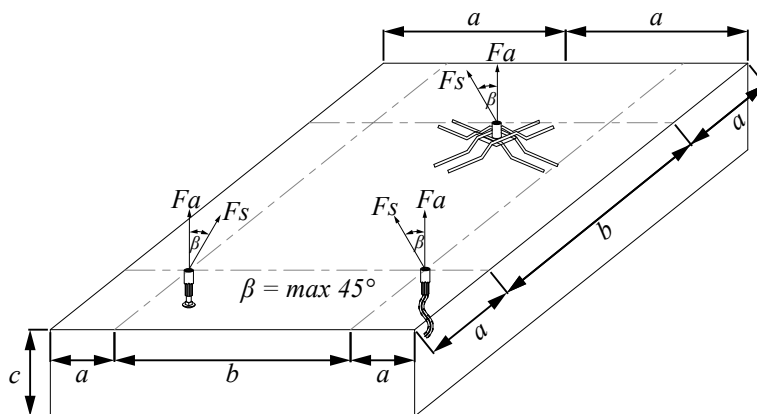
Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness c due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in *Table 18*. *Figure 22* visualizes the requirements.

Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS			BSA			PSA		
	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

Figure 22. JENKA Short Inserts geometry requirements.



PLEASE NOTE:

The geometry specification requires that installation is within the tolerances defined in section 2.

1.2.5 Reinforcement for JENKA Short Inserts

The use of lifting systems requires a minimum level of reinforcement in the concrete elements. The reinforcement that is defined by structural design can be considered by taking into account the existing cross section. The required reinforcement level can be attained using single reinforcing bars or wire mesh with an equivalent or greater cross section (mm^2/m or cm^2/m). If the designed reinforcement must be removed or cut to install the JENKA Lifting Insert, this area must be repaired by adding a similar cross section of reinforcement (single bars or wire mesh) with sufficient overlapping length.



WARNING:

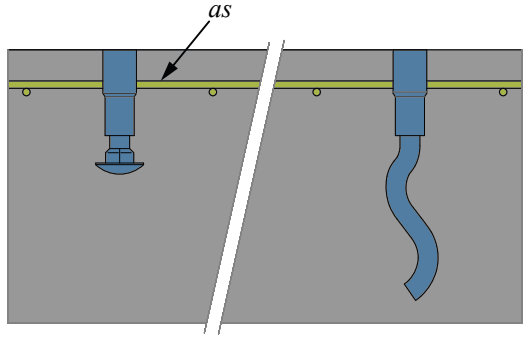
Always check that sufficient reinforcement is designed and installed. Too little reinforcement can result in severe accidents and collapsing elements.

The reinforcement described in this section supports only the load impact of the lifting system on the concrete element. The structural designer must bear in mind that the element may bend as a result of the transportation process. Additional reinforcement may be needed to prevent the element from cracking. This must be defined separately. Surface reinforcement (mm^2/m) must be considered and installed cross-wise for each element direction.

JENKA Short Inserts require only a top surface that must have a reinforcement layer. *Table 19* and *Table 20* show the required reinforcement level.

Table 19. Reinforcement for JENKA BSA and WAS Short Inserts.

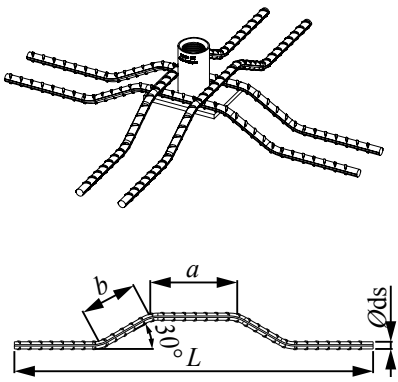
Item No. JRd/JM	BSA	WAS
	Surface reinforcement [#mm ² /m]	Surface reinforcement [#mm ² /m]
12	131	131
14	131	131
16	131	131
18	188	188
20	188	188
24	188	188
30	188	188
36		188
42		188



The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. *Table 20* illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

Table 20. Reinforcement for JENKA PSA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	PSA surface Reinforcement [mm ² /m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			$\varnothing ds$ [mm]	L [mm]	a [mm]	b [mm]
12	131	2	6	250	60	60
14	131	2	6	360	60	70
16	131	2	8	420	90	70
18	188	2	8	530	90	80
20	188	2	8	640	90	80
24	188	4	10	640	90	100
30	221	4	12	830	90	110
36	221	4	14	1140	140	120
42	513	4	16	1250	140	120
52	513	4	20	1530	140	150



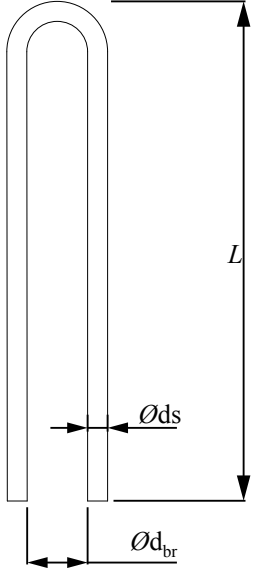
1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by using Peikko DSH item which enables double sided curved fixing for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in *Table 21*.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRd/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Ø _{ds} [mm]	L [mm]	Ø _{ds} [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



The recommendation for the bending diameter of the diagonal rebar " d_{br} " is the outer diameter of the insert socket. This ensures a precise finish and limits the possibility of installation errors. As an alternative, a sufficiently large bending diameter according to EN1992-1-1:2011 can be implemented so that the rebar encloses the socket.

The diagonal pull rebar must be installed at an angle of approximately 20° as demonstrated in *Figure 23* and *Figure 24*.

Figure 23. Installation for JENKA Short Inserts.

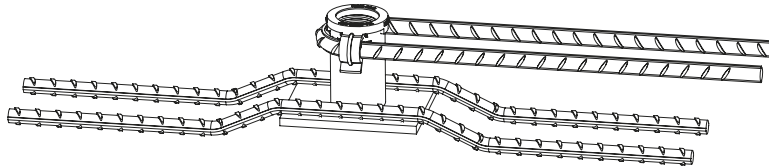
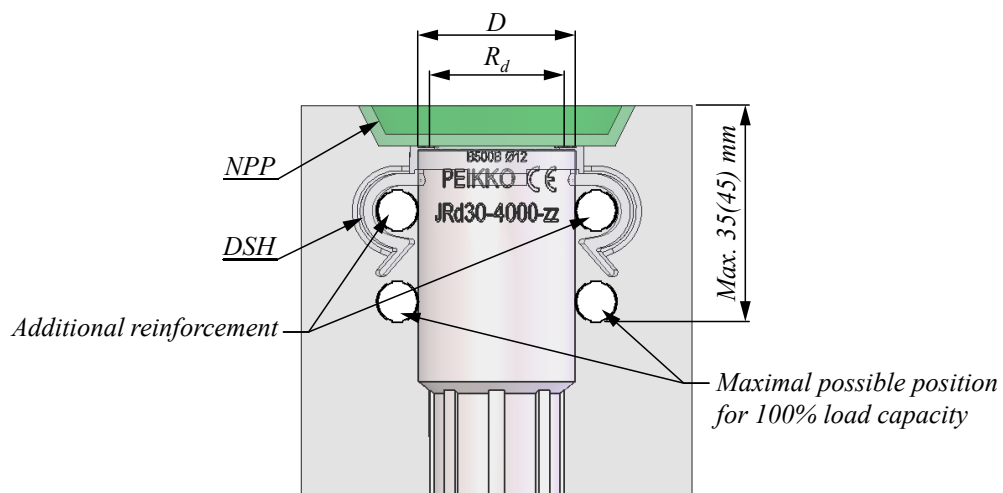


Figure 24. Installation tolerances.



1.3 JENKA Lifting keys

1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions. JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System's insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in Figure 25 and Table 22. Peikko's standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length h upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

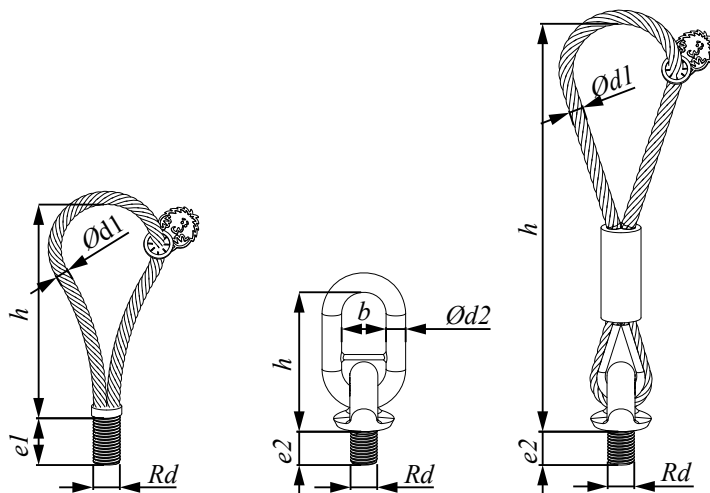
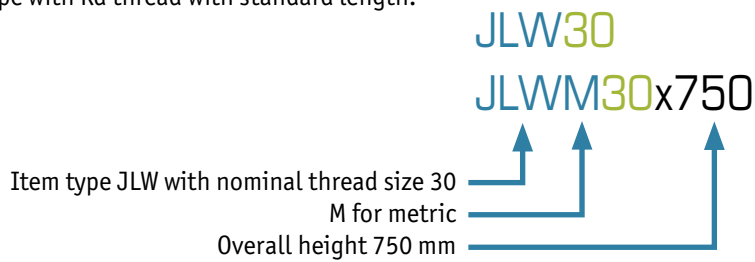


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for β 0-45°	JL, JLW SWL for γ of 90°
	Rd/M [mm]	Ød1 [mm]	Ød2 [mm]	e1 [mm]	e2 [mm]	B [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5

Order example for Peikko JENKA JLW lifting key.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as JLW30 or JLW30x475 defines same product because a standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use following code: JLW30xh (h in mm). This also applies to TLL loops.

1.3.2 Weights of system components

Component weights are given in *Table 23*. This information is valid for both Rd and M threaded products with electro galvanized or black finishes. This table considers only the standard product dimensions.

Table 23. Weight of JENKA Lifting Keys.

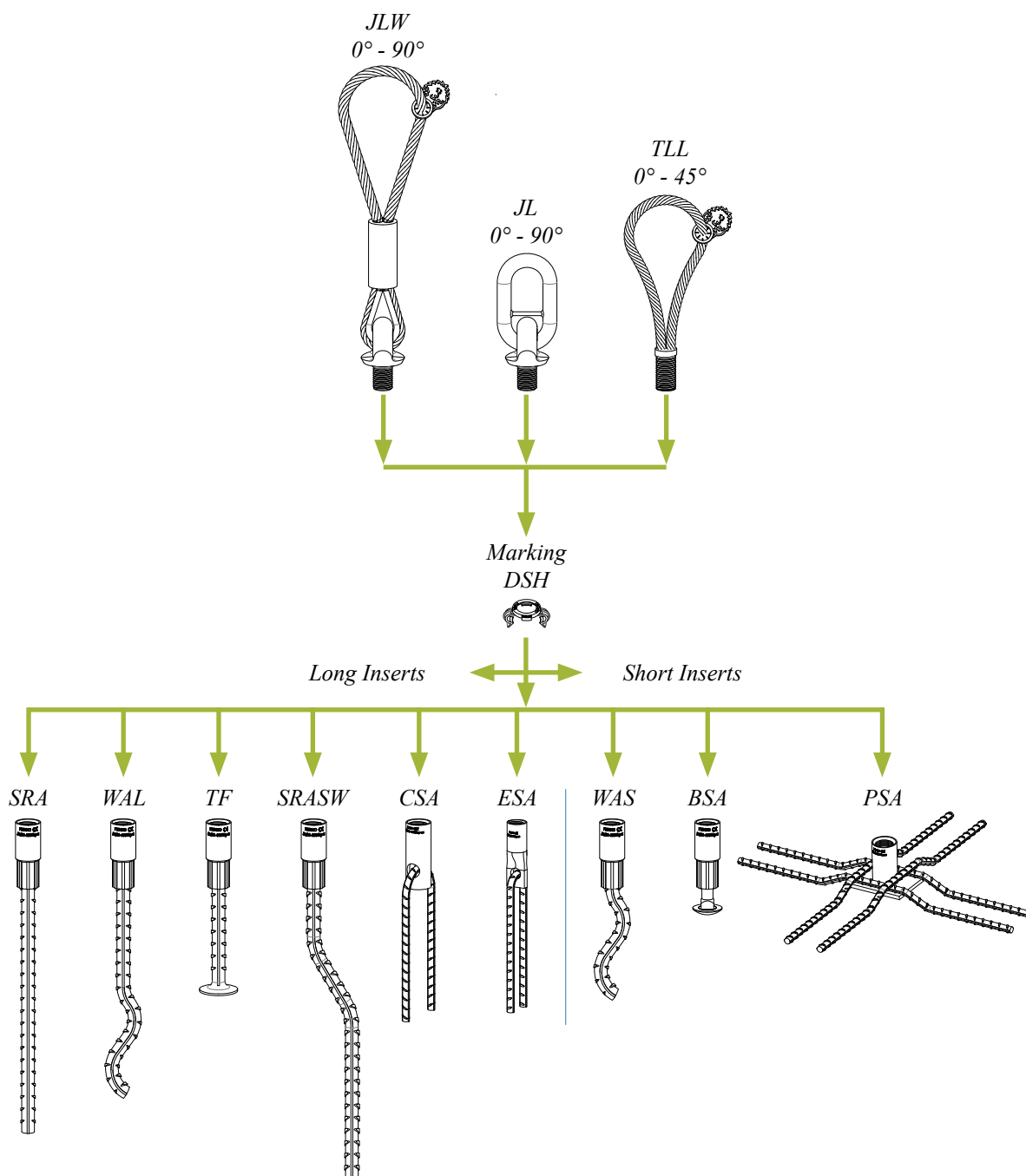
Item No. JRd/JM	TLL	JL JLW	
		[kg/pcs]	
12	0.1	0.5	0.3
14	0.1	0.5	0.5
16	0.2	0.5	0.5
18	0.2	1.0	0.9
20	0.3	1.0	1.1
24	0.5	1.0	1.4
30	0.9	2.4	3.0
36	1.5	2.5	3.8
42	2.1	4.8	6.3
52	4.6	5.2	10.2

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

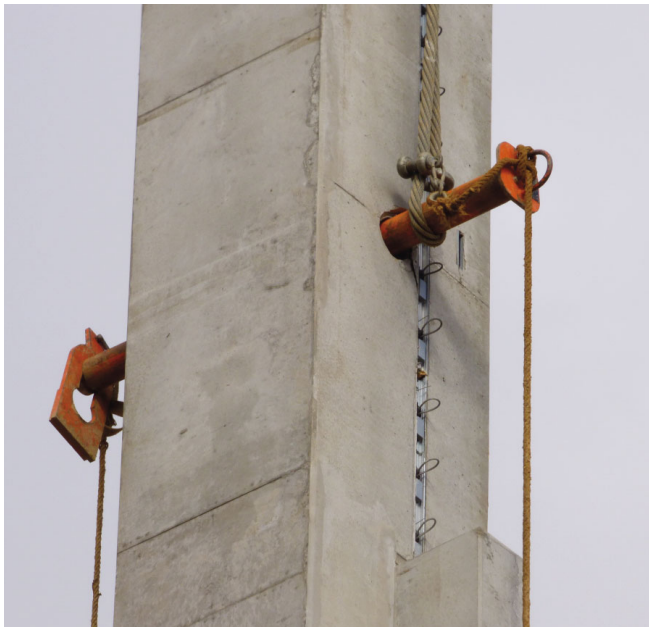
- Fast and secure mounting of precast concrete elements
- Can be remotely released with a cord
- CE marking
- Standardized mounting system for various load levels
- Minimum need for maintenance

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.



Contents

About the COLIFT Mounting System	5
1. Product properties	5
1.1 Material properties and quality	6
1.2 Dimensions and weights of system components	6
1.3 Standard safe working load for the COLIFT Mounting System	7
1.4 Placing of the COLIFT Mounting System	11
1.5 Environmental conditions	12
Selecting the COLIFT Mounting System	13
2. Selecting the COLIFT Mounting System	13
2.1 Element weight	13
2.2 Selecting lifting slings for the COLIFT Mounting System	13
Annex A - Security connections	15
Annex B - Extended safe working load	17
Annex C - Application conditions	25

Contents

Annex D - Inspection of the COLIFT Mounting System	31
Annex E - Declaration of conformity	33
Annex F - Type label	34
Installation of the COLIFT Mounting System	35

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 1. Assembled COLIFT Mounting System.

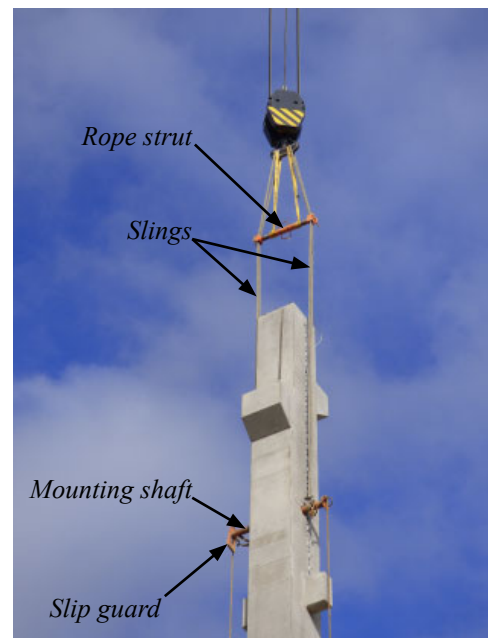


Figure 2. Mounting shaft with slip guard.

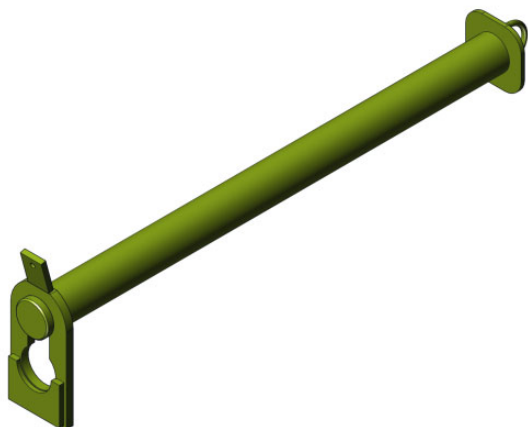
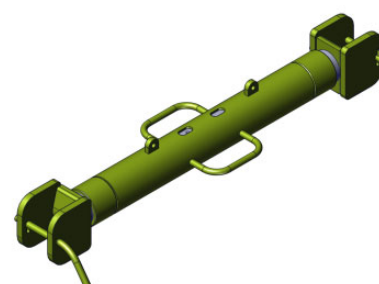


Figure 3. Rope strut.



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.

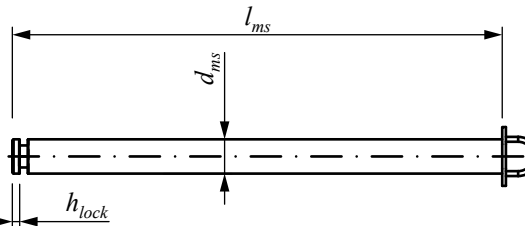
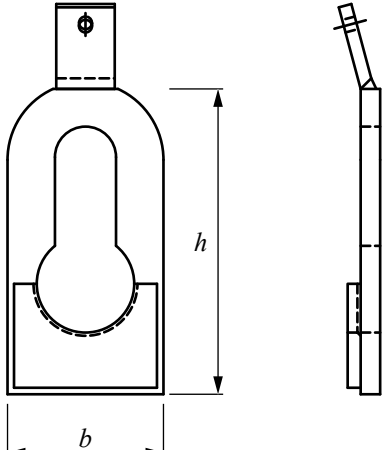
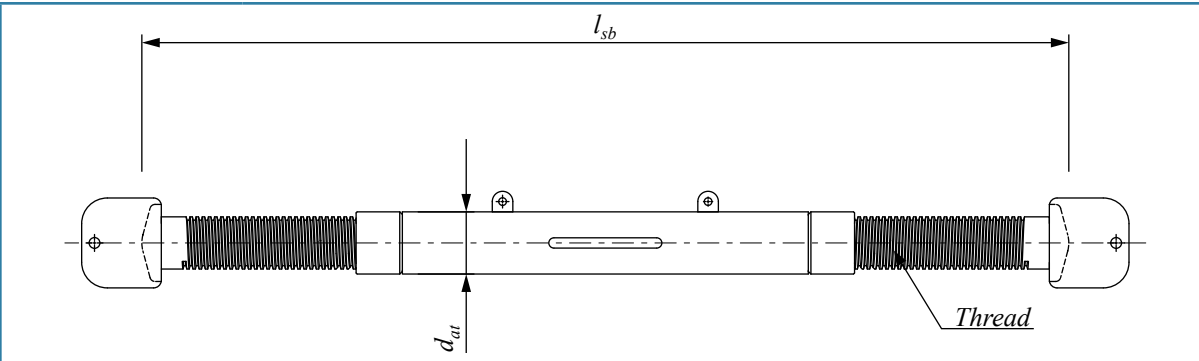
		Mounting shaft		Slip guard		
						
	Unit	MW d70	MW d90	MW d115	MW d140	
d_{ms}	mm	70	90	115	140	
l_{ms}	mm	1200	1400	1800	2000	
h_{lock}	mm	15	18	23	33	
h	mm	307	364	438	470	
b	mm	170	190	220	240	
Mounting shaft	kg	39	73	153	247	
Slip guard	kg	5.9	9.4	15.3	22.3	

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.

The minimum working distance between the lifting slings and the closest element surface is 50 mm. For columns with no corbels, this is measured from the element surface. If corbels are used, it is the distance between the corbel and the lifting sling (*Figure 4* and *Figure 5*).

Figure 4. Minimum spacing between slings and column without corbels.

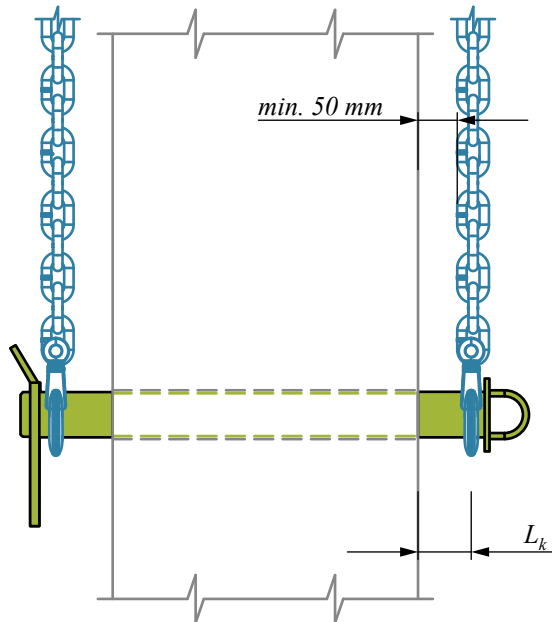
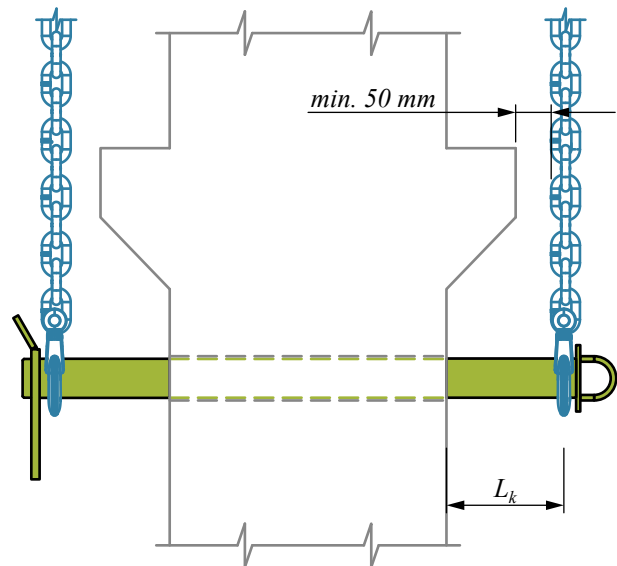


Figure 5. Minimum spacing between slings and column with corbels.



The COLIFT Mounting System can be used in compliance with two design concepts:

- Standard safe working load
- Extended safe working load

Standard safe working load

The standard safe working loads are determined for the most demanding case that can occur during the lifetime of the COLIFT Mounting System, where the maximum allowed wear of the mounting shaft is 5% with the maximum dynamic factor equal to 1.3 (maximum lifting speed 0.6 m/s and hoisting class HC2). The standard solution capacities in *Table 4* are based on the dimensions of the mounting shaft and the lever arm L_k .

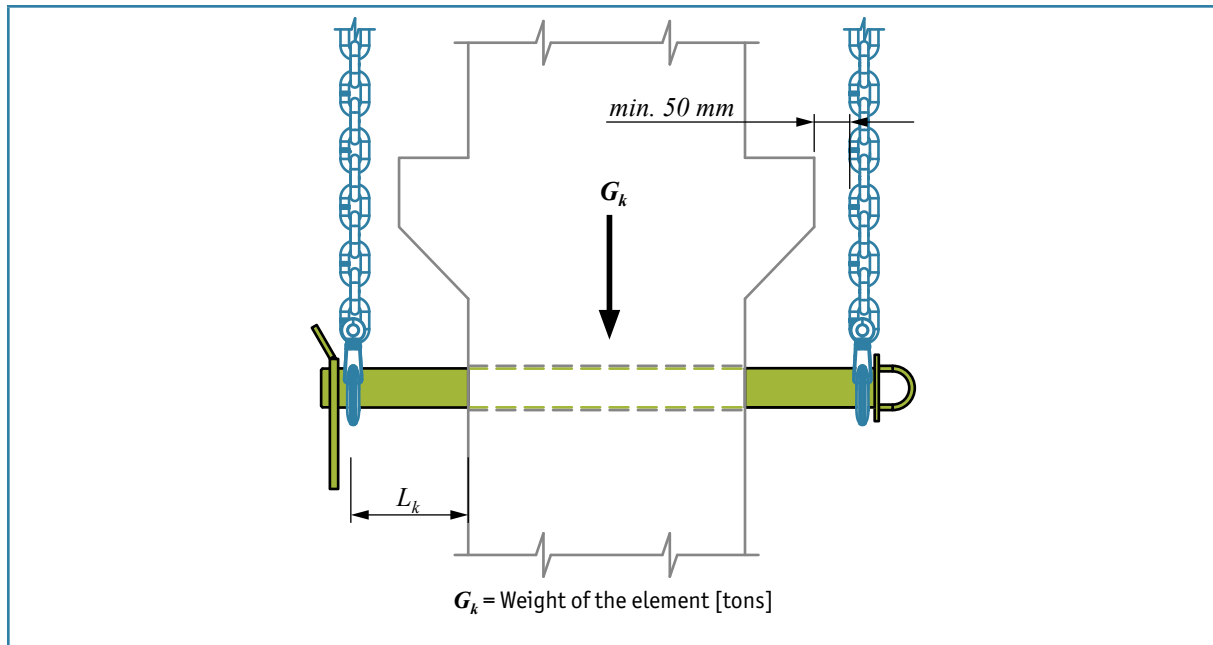


NOTE:

Before selecting the mounting shaft, please consider that the minimum compressive strength of the precast concrete element must be at least 40 MPa.

If the compressive strength of the concrete is less than 40 MPa, use a different lifting system for demolding and transportation. The design criteria for lower concrete strength can be found in Annex B.

Table 4. Standard safe working load (SWL) capacities of the COLIFT Mounting System [tons].



Spacing Length		MW d70	MW d90	MW d115	MW d140
		SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]
L_k [mm]	50	15.8	37.0	58.0	90.0
	250	7.0	15.5	26.5	45.5
	300	6.3	13.0	23.0	40.0
	350	5.6	11.5	20.0	35.5

G_k = Weight of the element [tons]



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.

NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEMS



**REVISED
2017**



The Paramount Tower, San Francisco

Over 30 Million Sold World-Wide



Splice Sleeve North America, Inc.



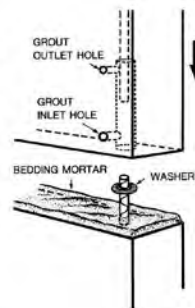
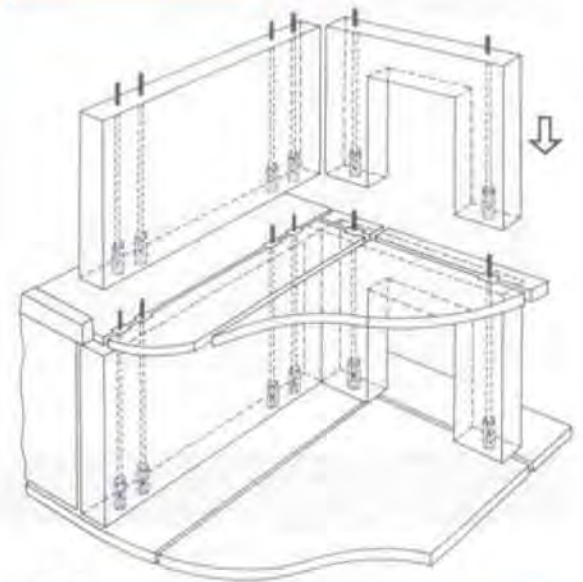
NMB SPLICE-

The NMB SPLICE-SLEEVE® is an efficient coupler for splicing reinforcing bars which uses a cylindrical-shaped steel sleeve interior of which is filled with SS MORTAR® grout a cementitious, non-metallic, non-shrink high-early-strength grout. Reinforcing bars to be spliced are inserted into the sleeve to meet approximately at the center of the sleeve. The resulting splices will develop tensile and compressive strengths in excess of the specified minimum for ASTM Grade 60 bars conforming to the ACI Building Code Requirements for both Type 1 and Type 2 conditions.

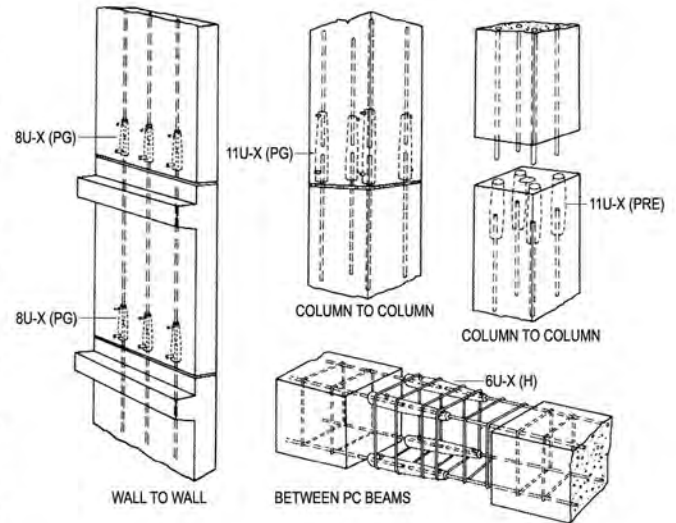
The NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEM is a proven method for connecting precast reinforced concrete structural members. At the precast plant, the sleeves are embedded precast element on one end of the main reinforcing bars to be connected. The bars protrude from the other end of the precast member. At the building site, the precast members are joined by inserting the protruding bars from the end of one precast member into the sleeves of the adjacent member. The sleeves are then grouted, in effect making the reinforcing bars continuous through the connection.

This is called "Emulation" and the NMB is categorized as an emulative connection for precast systems. (Refer to ACI 550.1R-09 for more information).

Patented Worldwide



The NMB SPLICE-SLEEVE® is particularly appropriate for use in joining vertical precast concrete structural elements (columns and shearwalls). This is because the sleeve can be embedded completely in the precast elements at the manufacturing yard and when the elements are joined in the erection process, there is no need to make a closure pour or to perform other cosmetic patching after the bars are joined. This is sometimes referred to as a “blind” connection. When used in cast-in-place situations, the NMB SPLICE-SLEEVE performs the same function as other mechanical rebar splicing devices, basically that of extending the rebar length.



APPLICATIONS

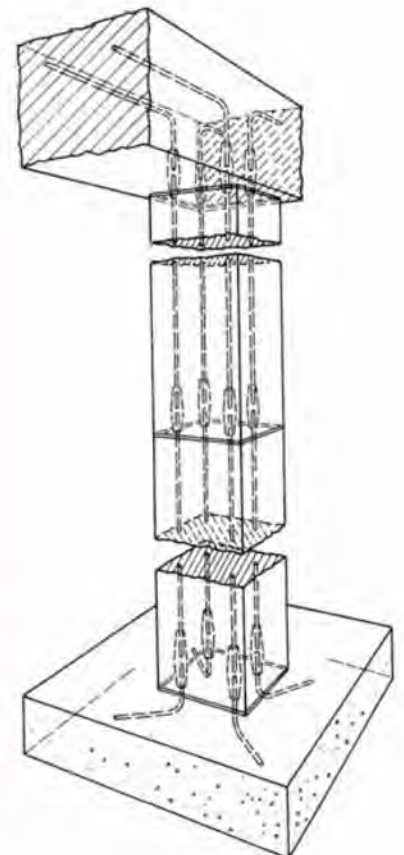
NMB SPLICE-SLEEVES have been used in a number of different applications both in cast-in-place and precast concrete structures.

Precast Concrete Connections:

- Column-to-column
- Column-to-beam
- Column-to-foundation
- Beam-to-beam
- Shear wall to shear wall
- Shear wall to foundation
- Elevator and stair cores
- Airport control towers
- Bridge piers and Pier caps
- Caissons
- Large diameter hollow columns

Cast-in-place Concrete Structures:

- Connections of prefabricated column reinforcing cages
- Connections of new bars to old in vertical and horizontal rehabilitation work
- Stress relief joints in post-tensioned cast-in-place floor slabs

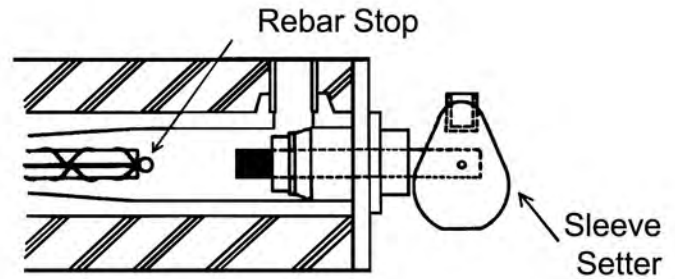




NMB SPLICE-SLEEVE

NMB SPLICE-SLEEVES are installed and held firmly in place in the forms during concrete pouring by means of a Sleeve Setter featuring a fast-acting cam operated locking device.

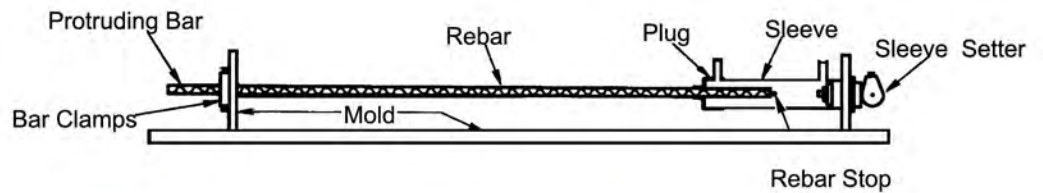
The NMB SPLICE-SLEEVE has an integral Rebar Stop in the mid-portion which assures the specified embedment of the rebar into the sleeve and an optional setscrew to hold the bar in the narrow end.



The uniform exterior dimension of the sleeve permits use of stirrups or hoops of the same size throughout the length of the sleeve.

No special treatment such as threading of rebar ends is required.

NMB SPLICE-SLEEVE can connect bars of the same size or up to two sizes smaller than the sleeve size.



The NMB can be epoxy coated and used to connect epoxy coated bars without removing the coating.





8 Day Bridge – Epping, NH



Salt Lake City – Front Runner Railway



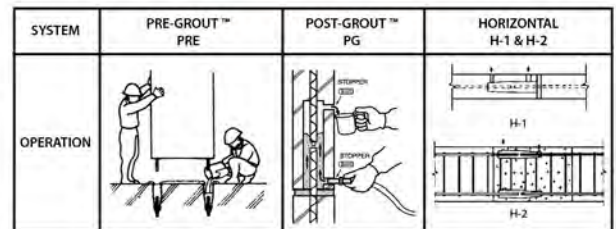
F35 Training Facility ATCT

ERECTION

During erection, precast concrete elements are set into position one of three ways (see diagrams). The rebar dowels projecting from either the foundation or opposite piece are inserted into **NMB Splice-Sleeves** embedded in the precast element. The wide (field) end of the sleeves is designed larger than the rebar to provide tolerance to accommodate bar misalignment. The sleeve also allows tolerance with inserted rebar length (see chart on Page 5).

If needed, additional tolerance can be gained by “Upsizing” to a bigger sleeve. This can be one or two sizes (max.) bigger than the rebar. Similar to Upsizing, different rebar sizes can be “Transition Spliced” in the **NMB Splice-Sleeve** (for details see User’s Manual). These abilities allow all bars to be quickly mated and grouted simultaneously, saving crane time and speeding erection.

The precast elements are temporarily braced while the grout cures sufficiently in the sleeves. Typically EORs specify 4,000 psi which is comfortably above a yield strength connection. This is achieved in less than 24 hours at 68°F (see chart above), contributing to rapid construction.



SS Mortar® (Grout) - Compressive Strength Time vs Temperature

Curing Temp	Compressive Strength (psi)					
	12 hr	18 hr	1 day	3 days	7 days	28 days
41°F 5°C	---	834	1,869	5,823	8,871	13,860
50°F 10°C	410	1,869	2,905	6,858	9,907	14,895
68°F 20°C	1,869	3,328	4,364	8,317	11,366	16,354
86°F 30°C	2,905	4,364	5,399	9,352	12,401	17,389
104°F 40°C	3,708	5,167	6,202	10,155	13,204	18,192

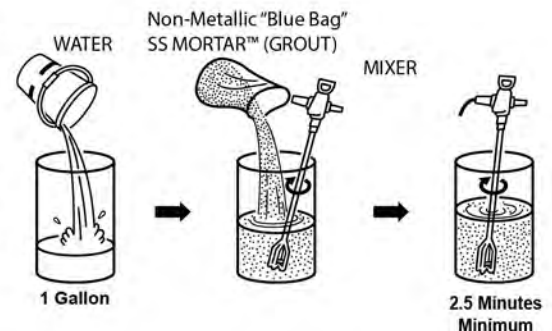
Calculated strength — calculated from the formula $(24.758 \text{ Ln } x \text{ Cumulative Temperature}) - 54.183$

GROUTING

For PRE-GROUT applications, the SS MORTAR grout is simply poured into the sleeve and consolidated before the next precast member is set in position.

For POST-GROUT and HORIZONTAL applications, the grout is pumped into the sleeve by means of a hand-operated pump. With both these systems, grouting operations can be performed after bracing and do not interfere with erection progress.

In total, **NMB SPLICE-SLEEVE** contributes to speed of construction.





NMB SPLICE-

NMB SPLICE-SLEEVE

Steel Specification: The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

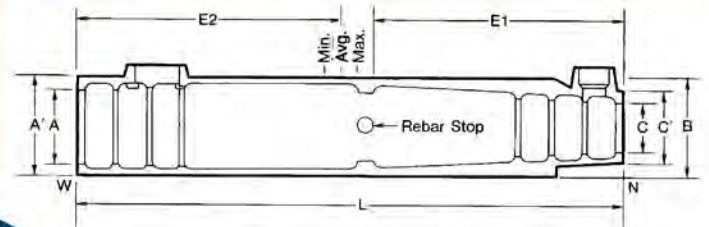
Grout Specification: The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

Type 2 (ACI)*	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	9,500 psi
Type 1 & AASHTO	(125% Fy = 75 ksi)	6,500 psi
Yield Strength	(100% Fy = 60 ksi)	4,000 psi

NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.
*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*											RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH					
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter		Max. Dia. (B) inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)		I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)

**The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".





Moving solutions with safety, reliability and efficiency

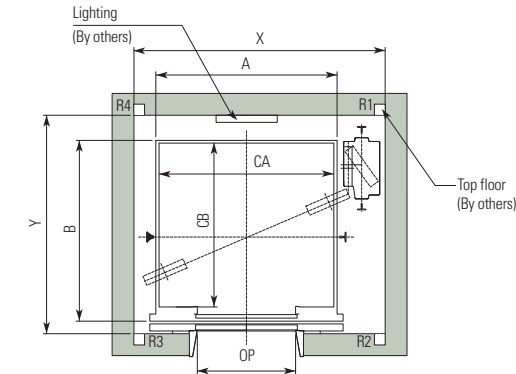
PASSENGER ELEVATORS



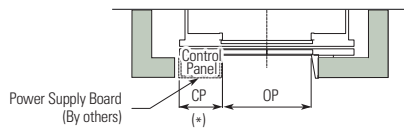
 **HYUNDAI ELEVATOR**

Layout Plan - YZER(Machine-Room-Less Elevators) 1~2.5m/sec | Center open

Plan of Hoistway

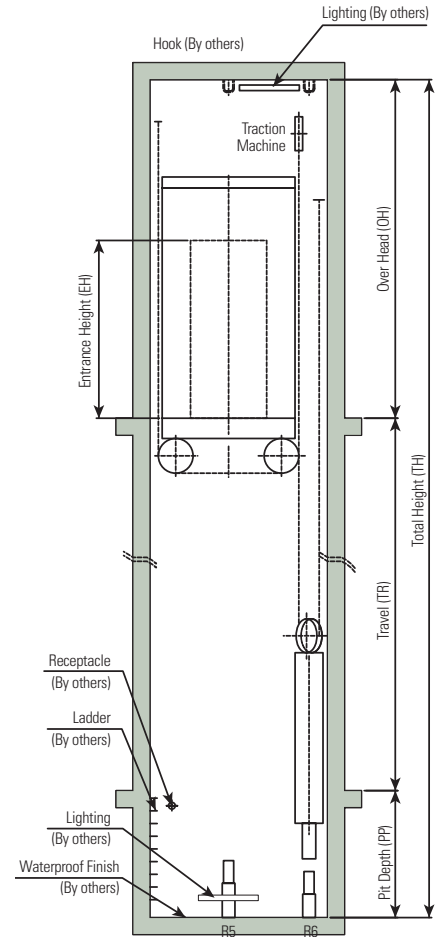


Floor without control panel



Floor with control panel

Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH)		Pit Depth (PP)	Control Panel (CP)*
		2 Panel Center Open	2 Panel Side Open		
550 ~ 1150	1.0	3800	4300	1500	530
	1.5	3900	4400	1800	
	1.75	4000	4500	2100	
900 ~ 1150	2.0	4300	4800	2200	530
	2.5	5100	5600	2400	630
1350 ~ 1600	1.0	4200	4700	1500	630
	1.5	4300	4800	1800	
	1.75	4500	5000	2100	
	2.0	4800	5300	2200	
1750 ~ 2000	2.5	5100	5600	2400	630
	1.0	4400	4900	1750	
	1.5	4500	5000	1900	
2250 ~ 2500	1.75	4600	5100	2100	630
	1.0	5000	5500	1750	
	1.5	5100	5600	1900	
	1.75	5300	5800	2100	

- Notes:**
- Above dimensions are applied for car height of 2500mm and standard car size & opening for other applicable dimensions, please contact us.
 - In case of side open or requested wide opening size to compare car width, OH should be increased 500mm.
 - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, please consult us.

Standard Dimensions

Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			OP	CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5
1.0	8	550	2 Panel Side Open	800	1100 x 1300	1160 x 1492	1800	1850	4000	2100	1500	600	7000	1600
	9	600		800	1100 x 1400	1160 x 1592	1800	1900	4100	2300	1600	600	7300	1600
	10	700		800	1200 x 1400	1260 x 1592	1900	1900	4500	2300	1700	650	7800	1600
	11	750		800	1300 x 1400	1360 x 1592	2000	1900	4800	2300	1750	700	8100	1700
	13	900		900	1300 x 1600	1360 x 1792	2000	2100	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5	15	1000		900	1100 x 2100	1160 x 2292	1800	2550	5400	2700	1900	800	9800	2000
	17	1150		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2000	2700	6300	3400	2100	900	12500	2500
1.75	20	1350		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	24	1600		1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	27	1750		1200	1600 x 2300	1700 x 2507	2500	2800	8600	4300	2900	1300	16700	2800
	30	2000		1200	1500 x 2700	1600 x 2907	2400	3200	9100	4700	3100	1300	19800	3300
2.0	13	900		1300	1800 x 2700	1900 x 2907	2900	3200	10300	5200	3300	1600	24000	3700
	15	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	17	1150		900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500
	20	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700
	24	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100
2.5	13	900		1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	15	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	17	1150	900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500	
	20	1350	1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700	
	24	1600	1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100	
	24	1600	1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	8300	4900	2700	1200	17800	3300	

EN81 Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			OP	CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5
1.0	7	550	2 Panel Side Open	800	1100 x 1300	1160 x 1492	1800	1850	4000	2100	1500	600	7000	1600
	8	630		800	1100 x 1400	1160 x 1592	1800	1900	4100	2300	1600	600	7300	1600
	9	700		800	1200 x 1400	1260 x 1592	1900	1900	4500	2300	1700	650	7800	1600
	10	800		800	1300 x 1400	1360 x 1592	2000	1900	4800	2300	1750	700	8100	1700
	12	900		900	1300 x 1600	1360 x 1792	2000	2100	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5	13	1000		900	1100 x 2100	1160 x 2292	1800	2550	5400	2700	1900	800	9800	2000
	15	1150		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2000	2700	6300	3400	2100	900	12500	2500
1.75	18	1350		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	21	1600		1100	1400 x 2400	1500 x 2607	2300	2900	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	23	1750		1200	1500 x 2400	1600 x 2607	2400	2900	8600	4300	2900	1300	16700	2800
	26	2000		1200	1500 x 2700	1600 x 2907	2400	3200	9100	4700	3100	1300	19800	3300
2.0	12	900		1300	1800 x 2700	1900 x 2907	2900	3200	10300	5200	3300	1600	24000	3700
	13	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	15	1150		900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500
	18	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700
	21	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100
2.5	12	900		1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	13	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	15	1150	900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500	
	18	1350	1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700	
	21	1600	1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100	
	21	1600	1100	1500 x 2300	1600 x 2607	2300	2900	8300	4900	2700	1200	17800	3300	

PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Pretension Spun Piles Prestressed Concrete Post Tension Spun Piles (Cylinder Piles) Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles Prestressed Concrete Spun Square 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) Inner Boring System

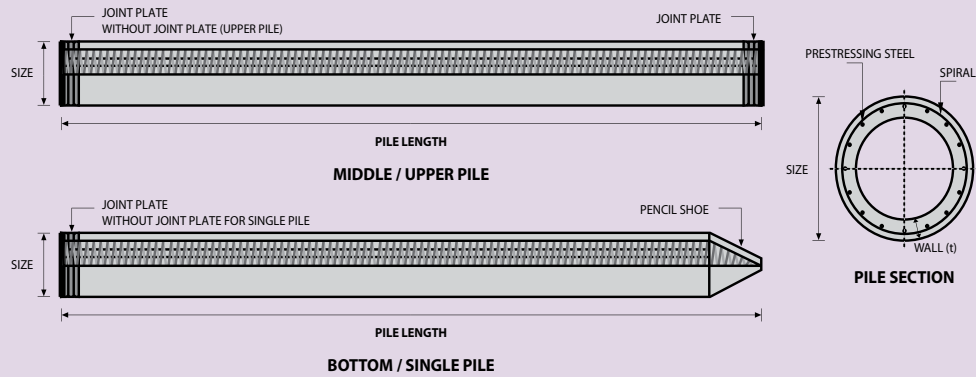
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
Manufacturing	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
	WB - PCP - PS - 05	Production Manufacturing Procedure
	WB - PCP - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJT5 40 (Deformed) Steel Class : BJT24 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm 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 PRETENSION SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Struktur

1:350

Kode

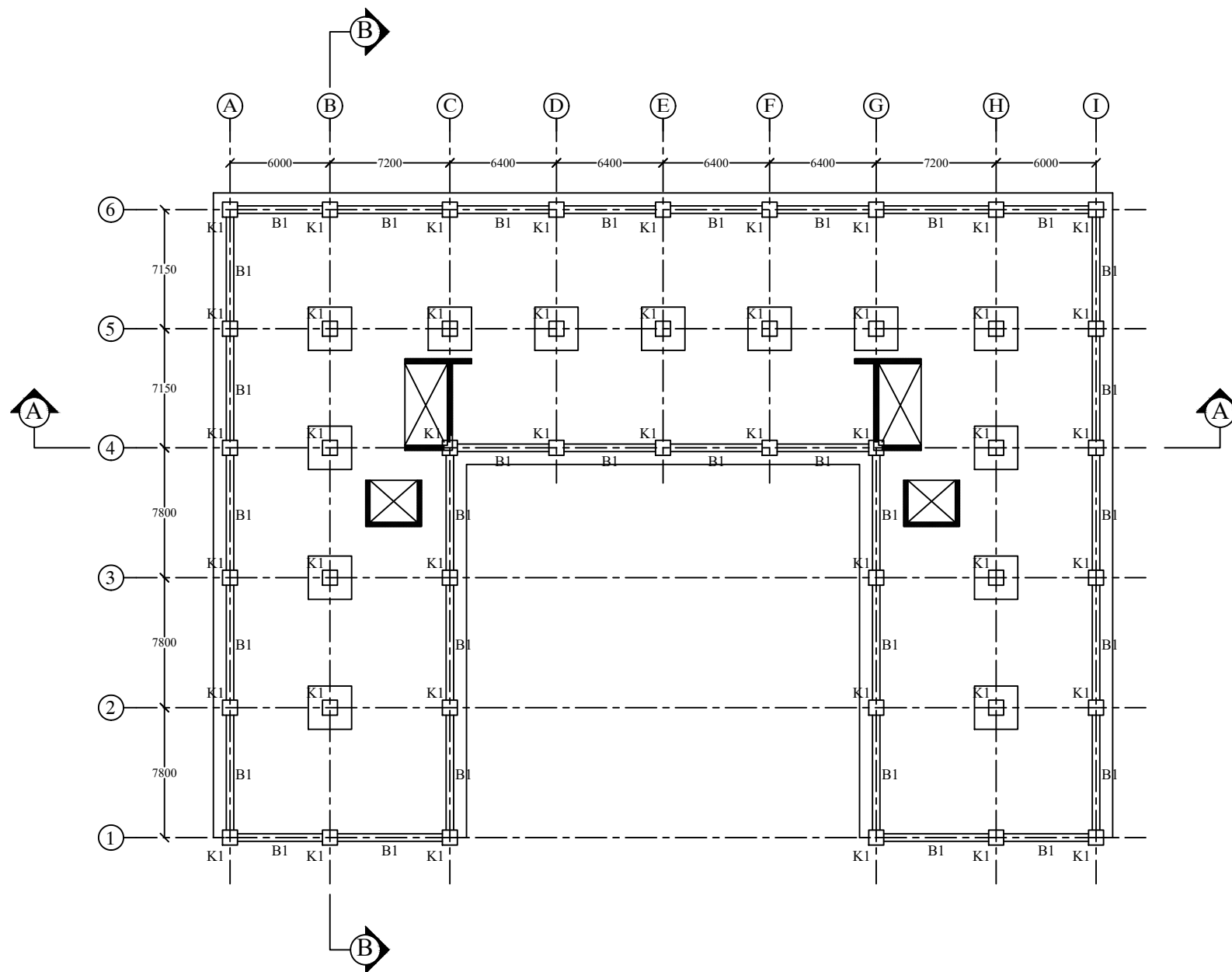
No
Gambar


Jumlah
Gambar

-

1

30



 Denah Struktur Lantai 1 - 5



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Struktur

1:350

Kode

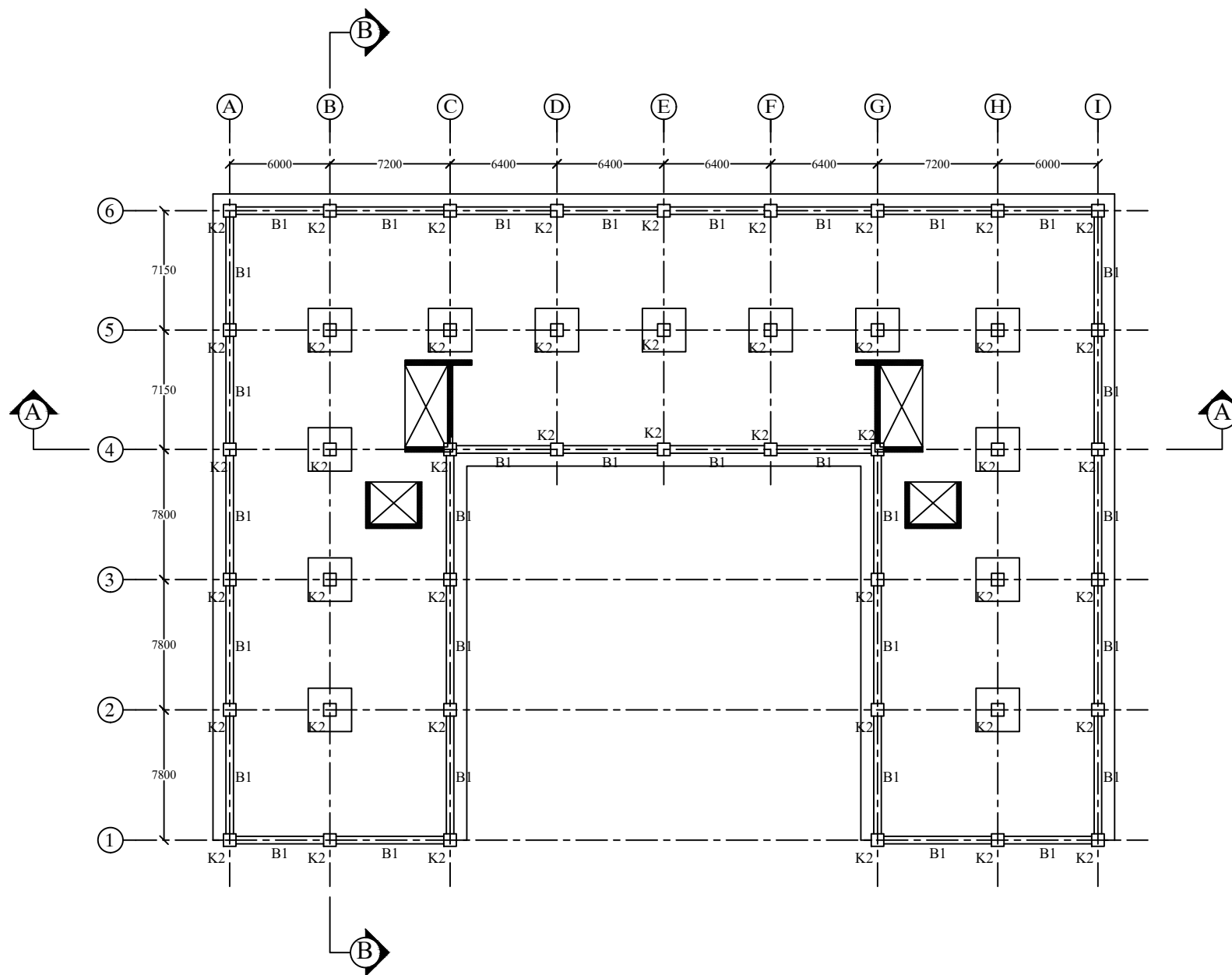
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

2

30



Denah Struktur Lantai 6 - 10



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Struktur

1:350

Kode

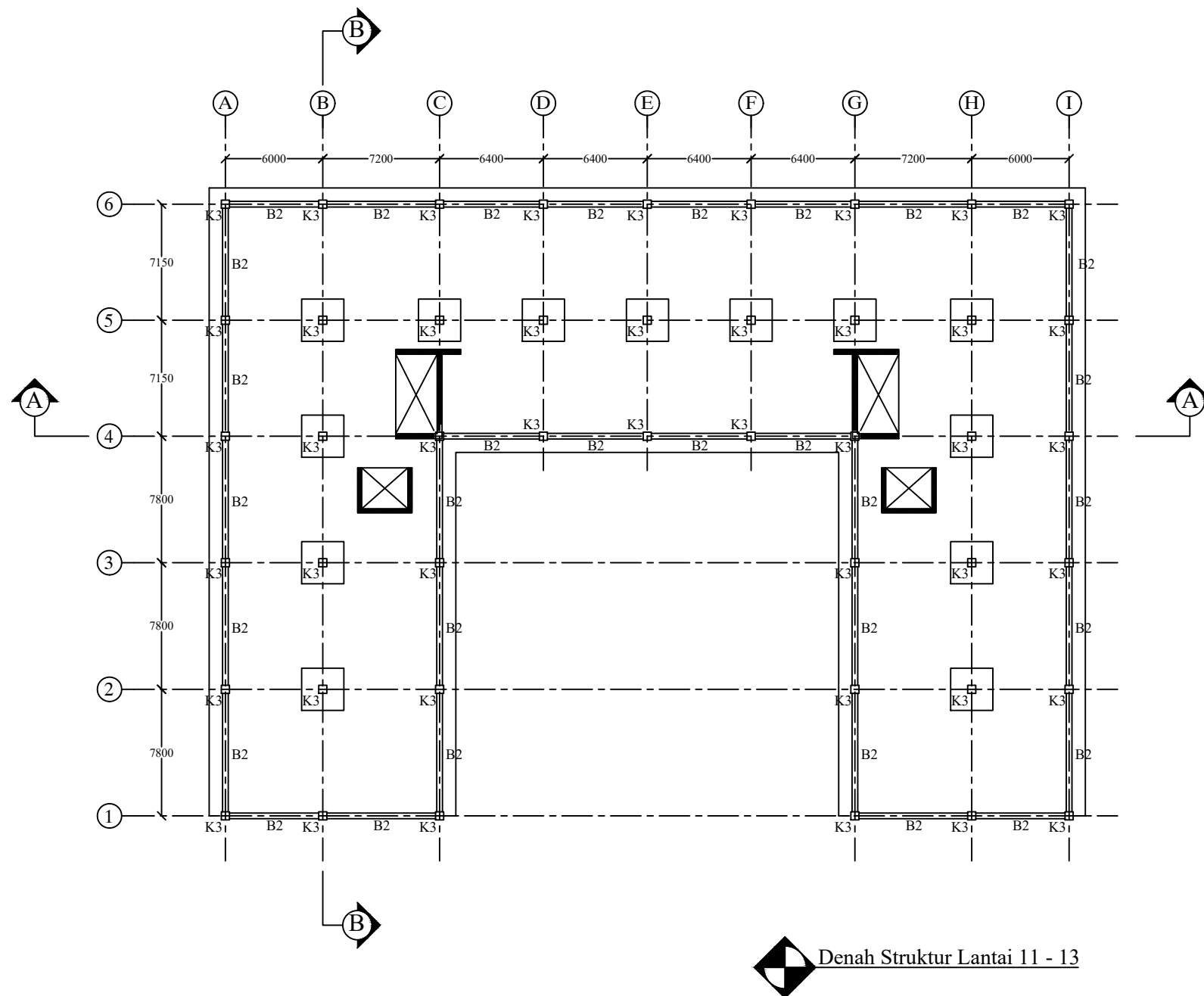
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

3

30





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Struktur

1:300

Kode

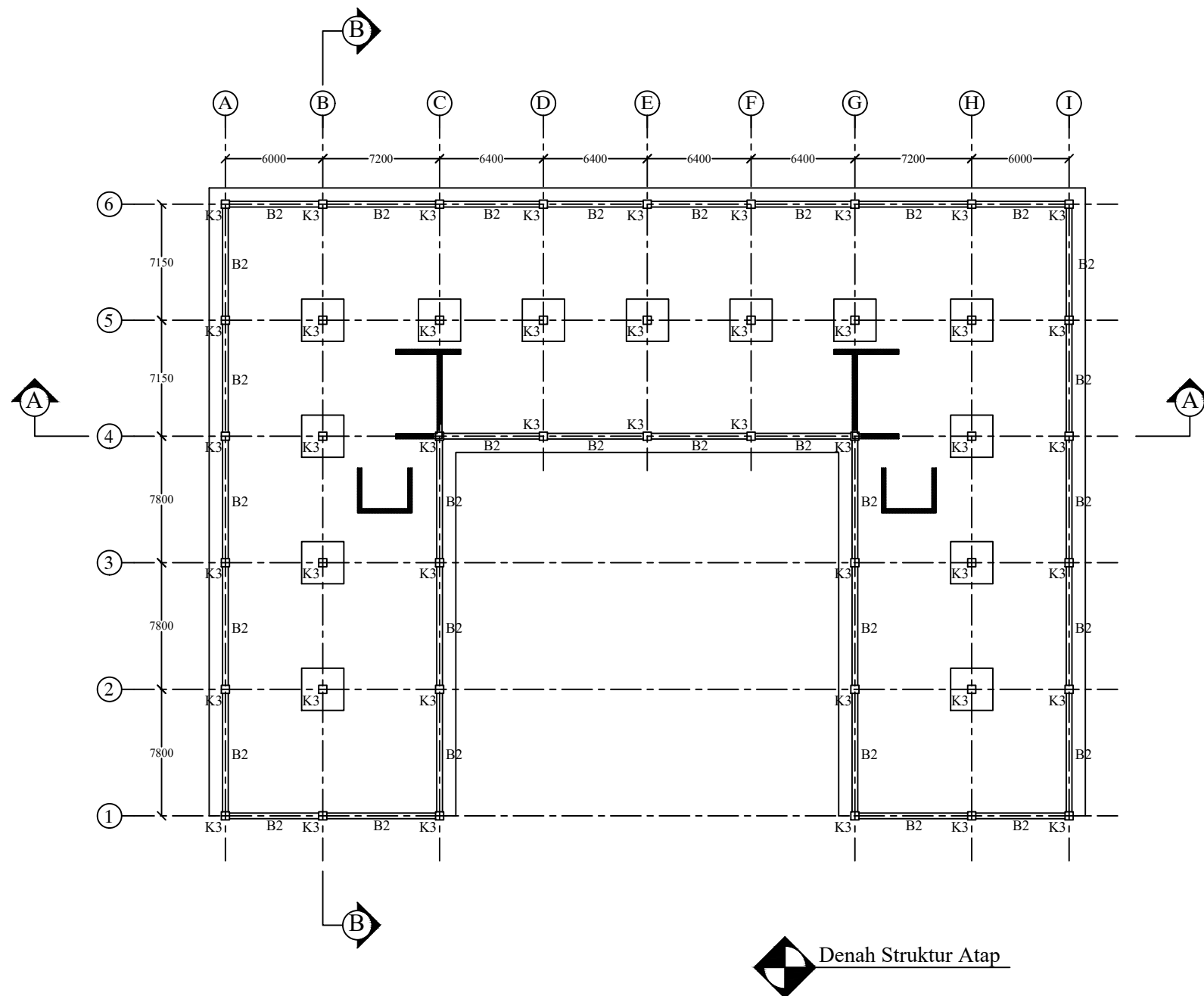
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

4

30





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Potongan A-A
Struktur

1:400

Kode

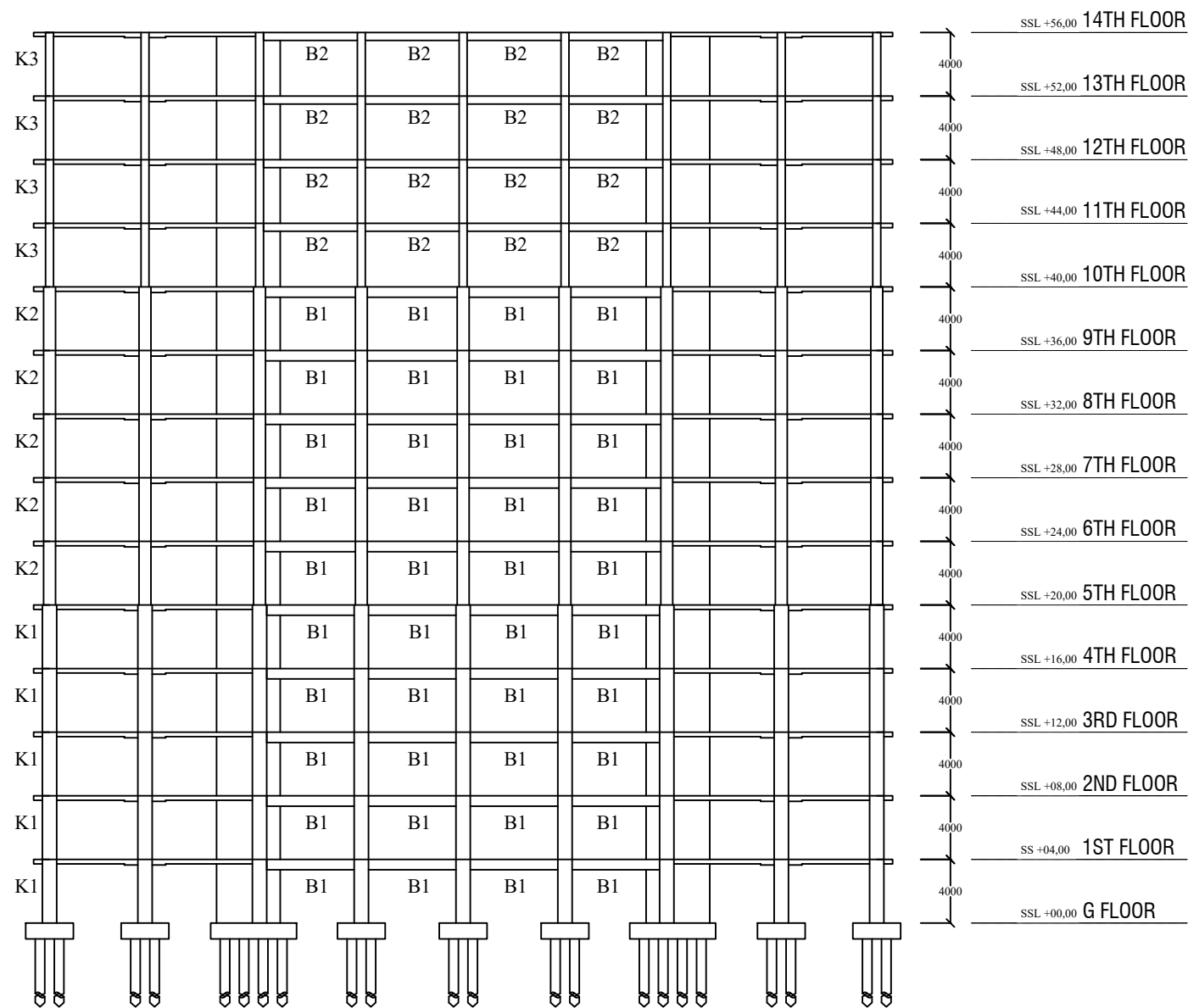
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

5

30



 Potongan A-A Struktur



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Potongan B-B
Struktur

1:400

Kode

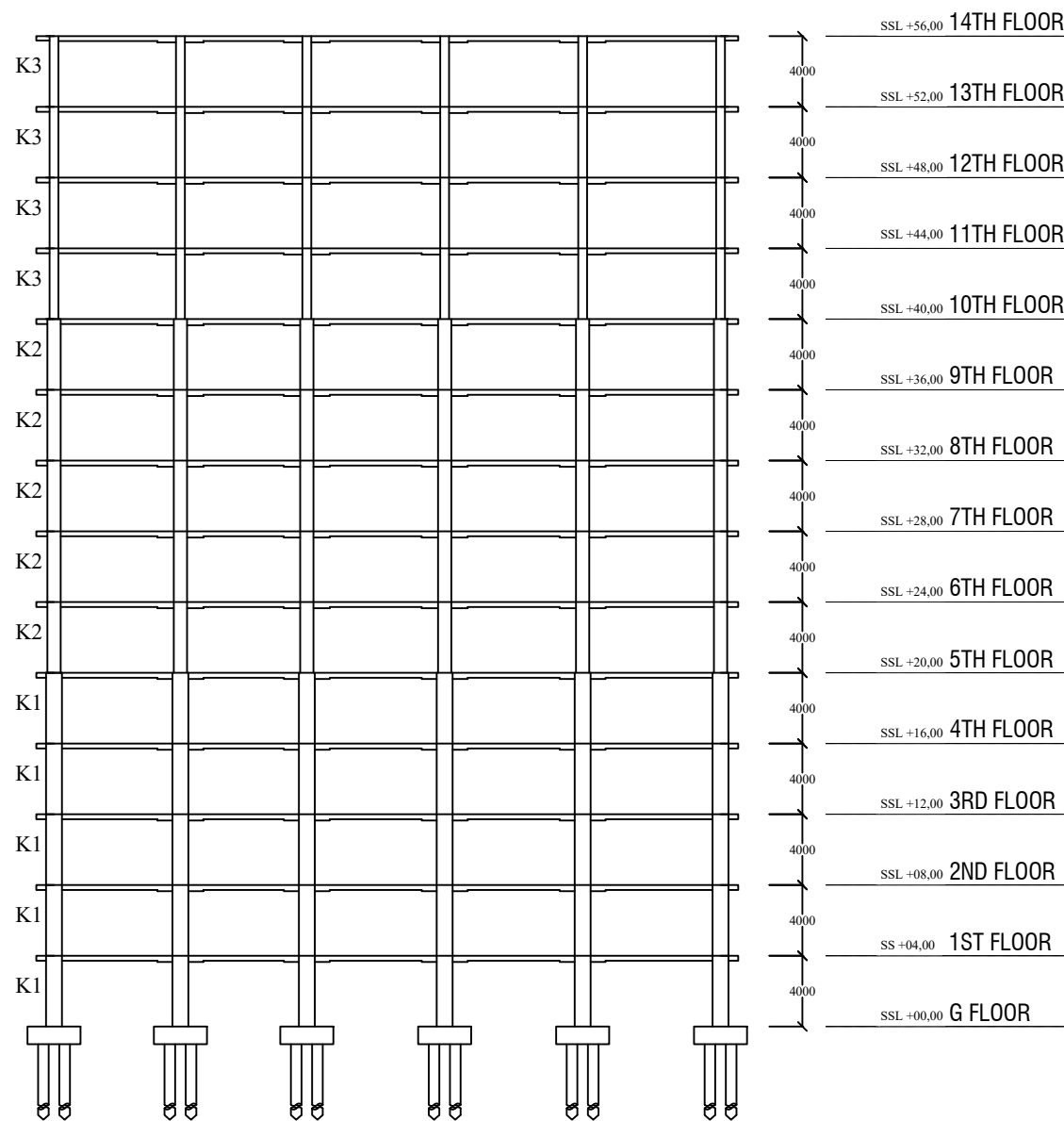
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

6

30



Potongan B-B Struktur



Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Detail Tulangan Pelat

1:40

Kode

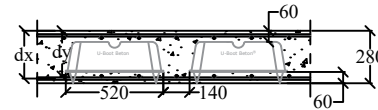
-

No Gambar

7

Jumlah Gambar

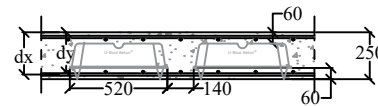
30



	Potongan Pelat 280 mm Arah X	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
	Atas: D19 - 80 mm Bawah: D16 - 150 mm	D16 - 250 mm D16 - 200 mm
Lajur Tengah		
	Atas: D16 - 200 mm Bawah: D16 - 250 mm	D16 - 250 mm D16 - 200 mm

	Potongan Pelat 280 mm Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
	Atas: D19 - 70 mm Bawah: D16 - 125 mm	D16 - 250 mm D16 - 200 mm
Lajur Tengah		
	Atas: D16 - 200 mm Bawah: D16 - 250 mm	D16 - 250 mm D16 - 200 mm

Detail Penulangan Pelat 280 mm



	Potongan Pelat 250 mm Arah X	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
	Atas: D16 - 100 mm Bawah: D10 - 100 mm	D10 - 250 mm D16 - 250 mm
Lajur Tengah		
	Atas: D16 - 250 mm Bawah: D10 - 250 mm	D10 - 250 mm D16 - 250 mm

	Potongan Pelat 250 mm Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan
Lajur Kolom		
	Atas: D16 - 100 mm Bawah: D10 - 100 mm	D10 - 250 mm D16 - 250 mm
Lajur Tengah		
	Atas: D16 - 250 mm Bawah: D10 - 250 mm	D10 - 250 mm D16 - 250 mm

Detail Penulangan Pelat 250 mm



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Penulangan
Pelat 280 mm

1:325

Kode

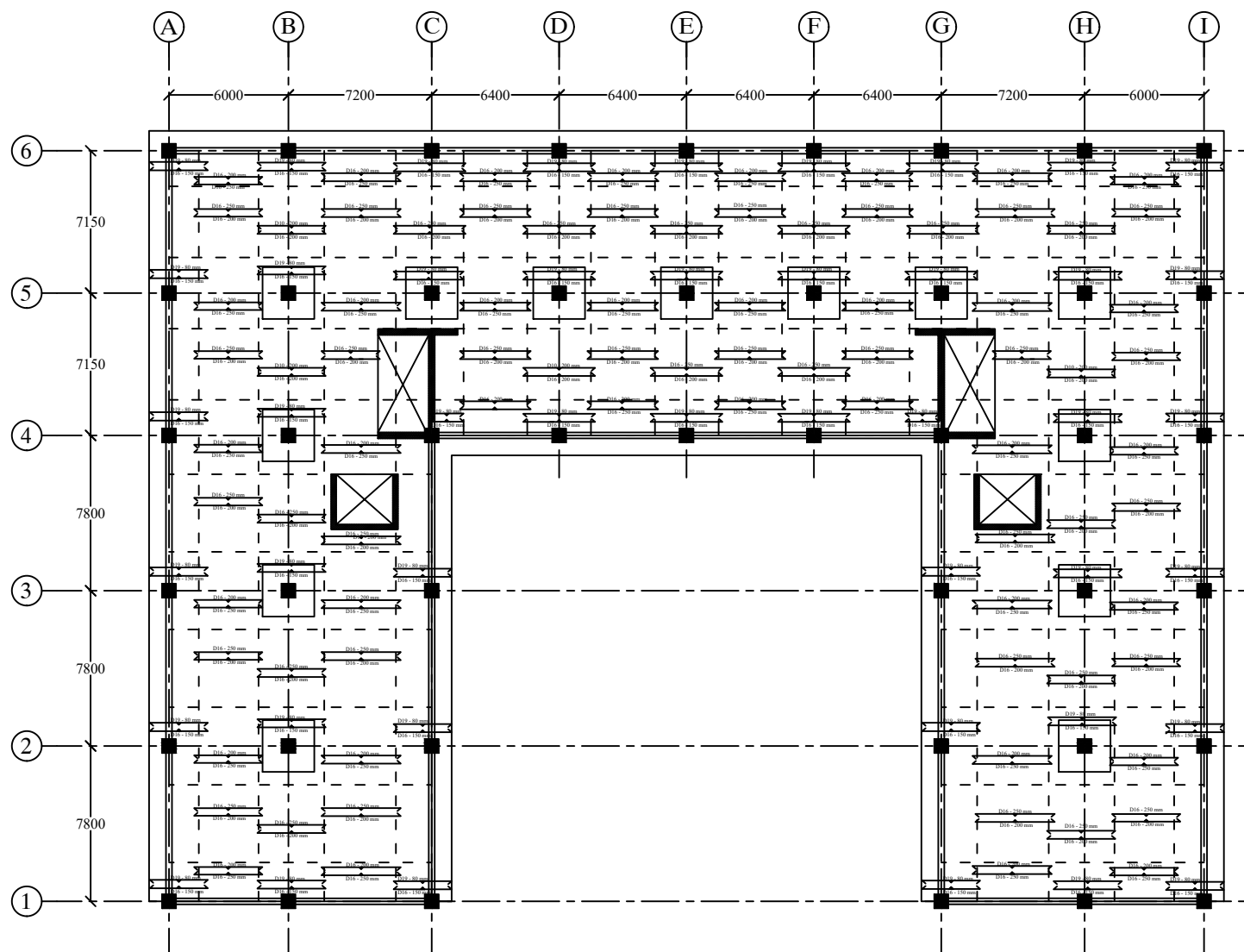
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

8

30



Denah Penulangan Pelat 280 mm Arah X



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Penulangan
Pelat 280 mm

1:325

Kode

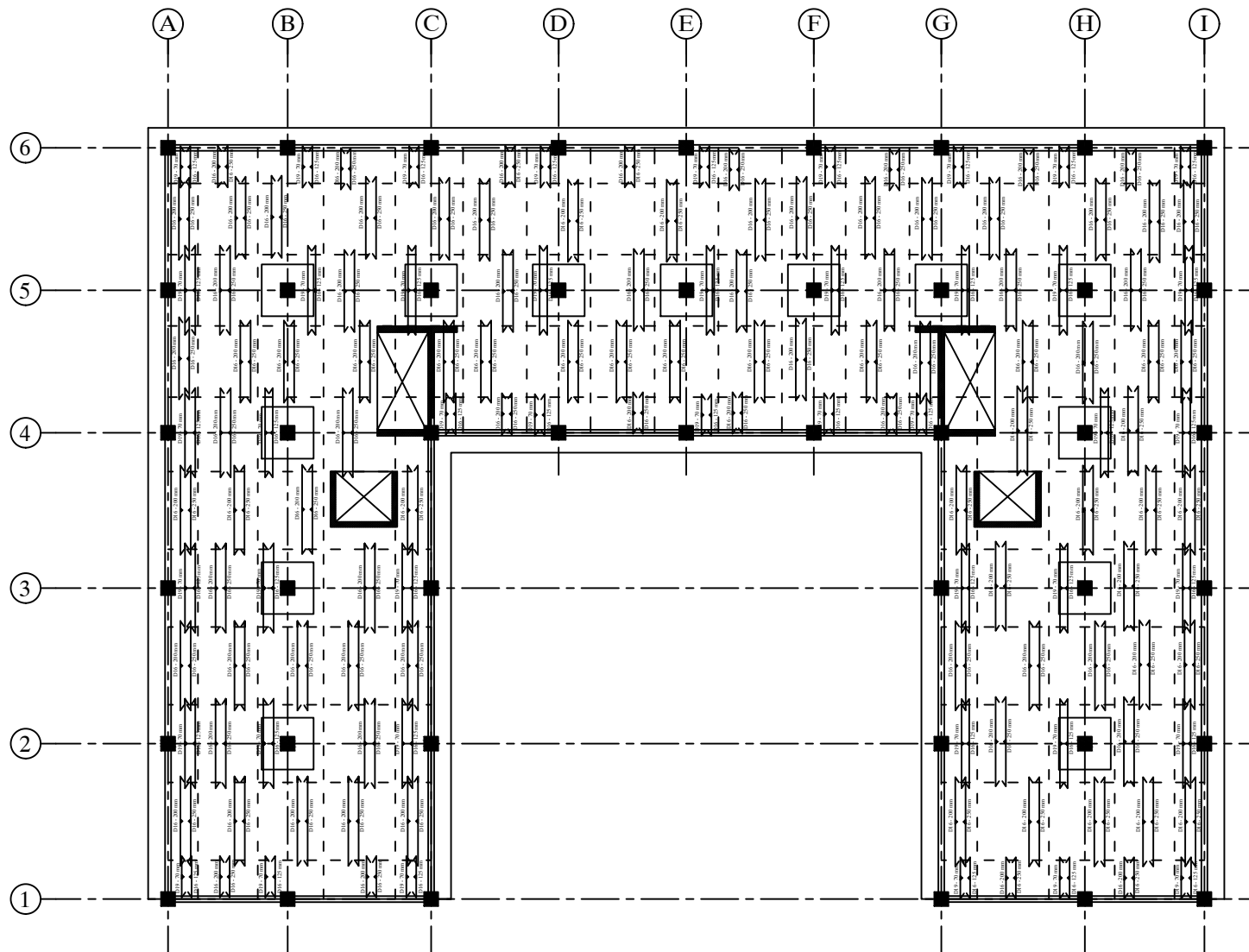
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

9

30



Denah Penulangan Pelat 280 mm Arah Y



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Penulangan
Pelat 250 mm

1:325

Kode

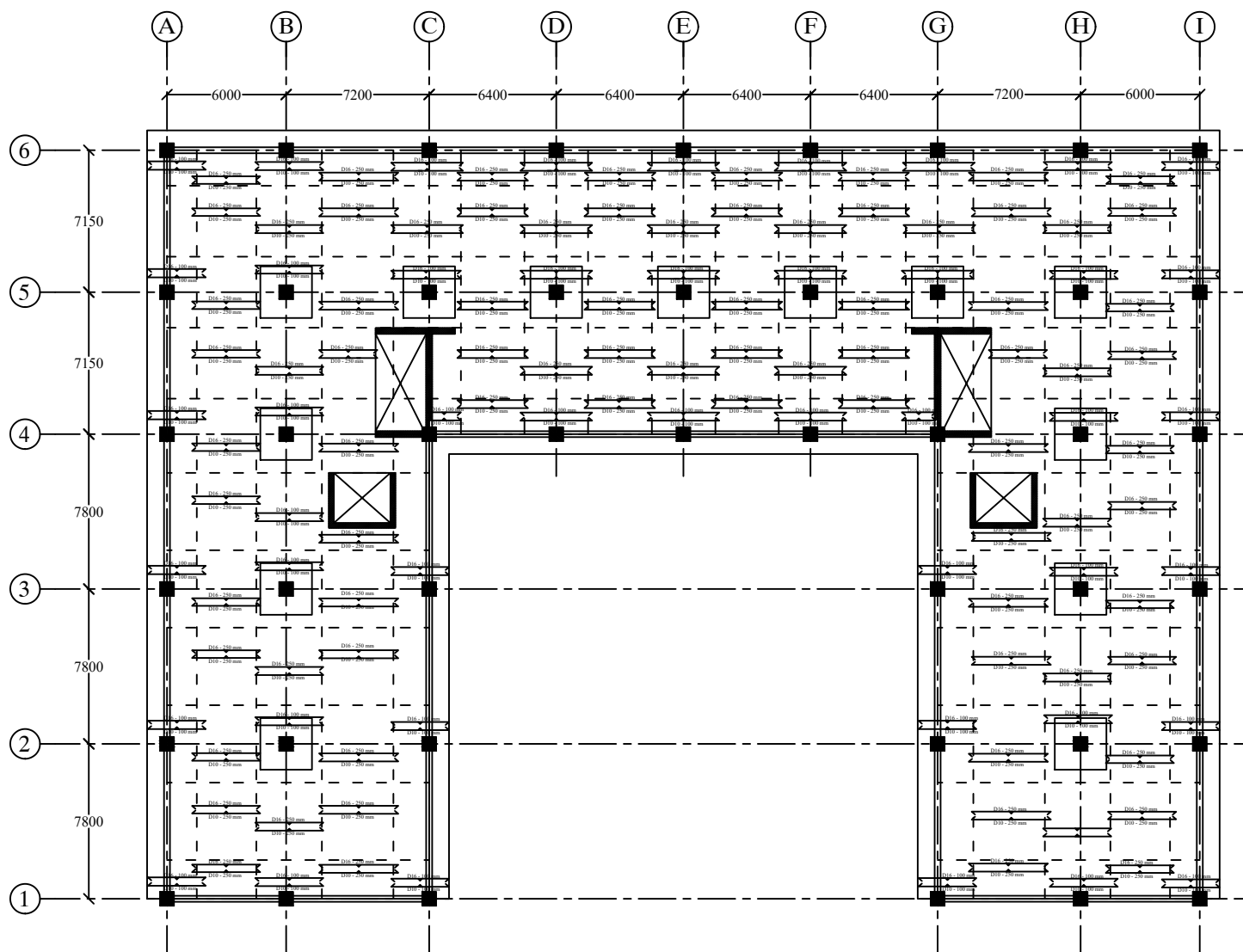
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

10

30



Denah Penulangan Pelat 250 mm Arah X



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Penulangan
Pelat 250 mm

1:325

Kode

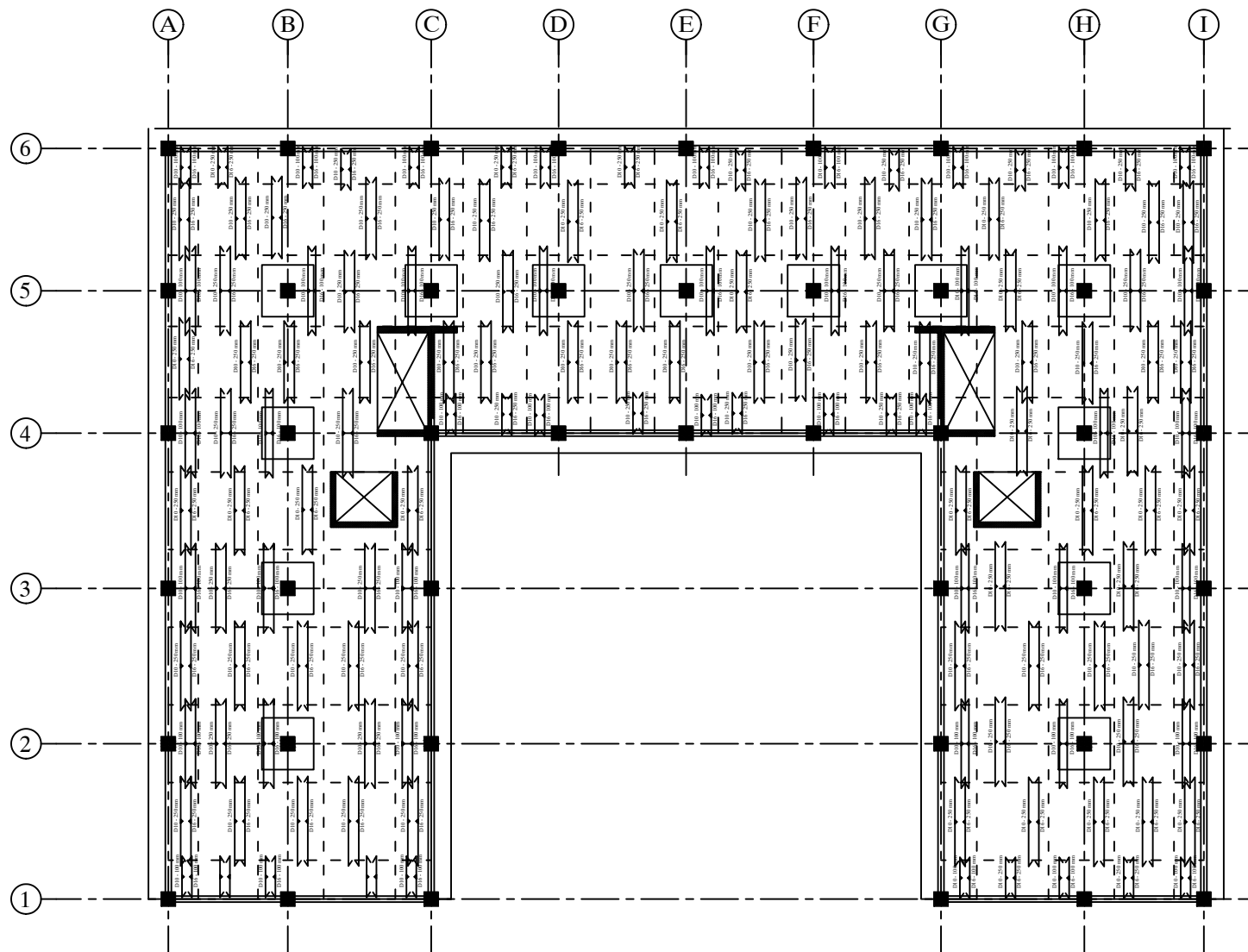
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

11

30



Denah Penulangan Pelat 250 mm Arah X



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah U-Boot

1:325

Kode

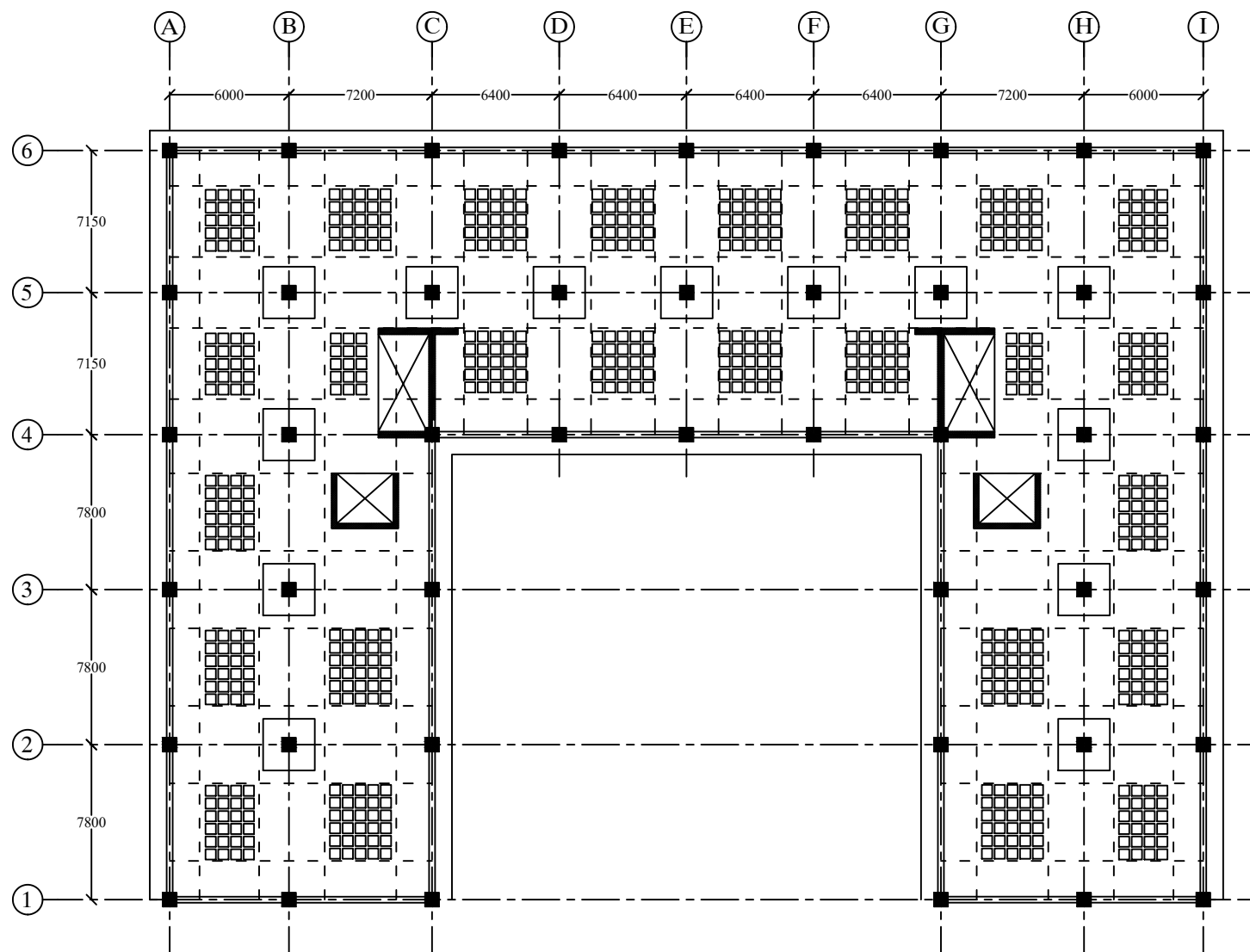
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

12

30



Denah U-BOOT Lantai 1-13



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah U-Boot

1:325

Kode

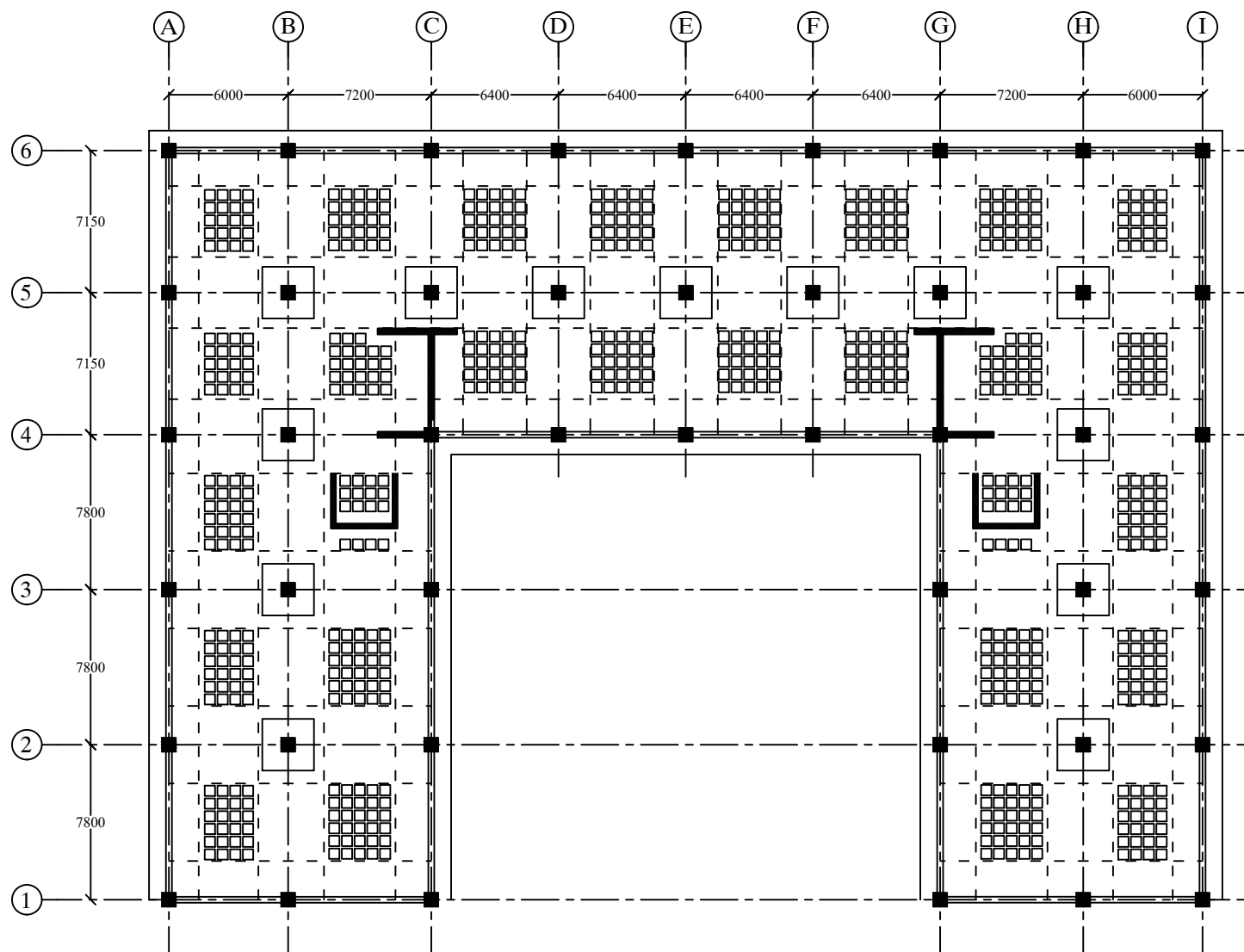
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

13

30



Denah U-BOOT Lantai Atap



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Penulangan Drop
Panel Arah X

1:60

Kode

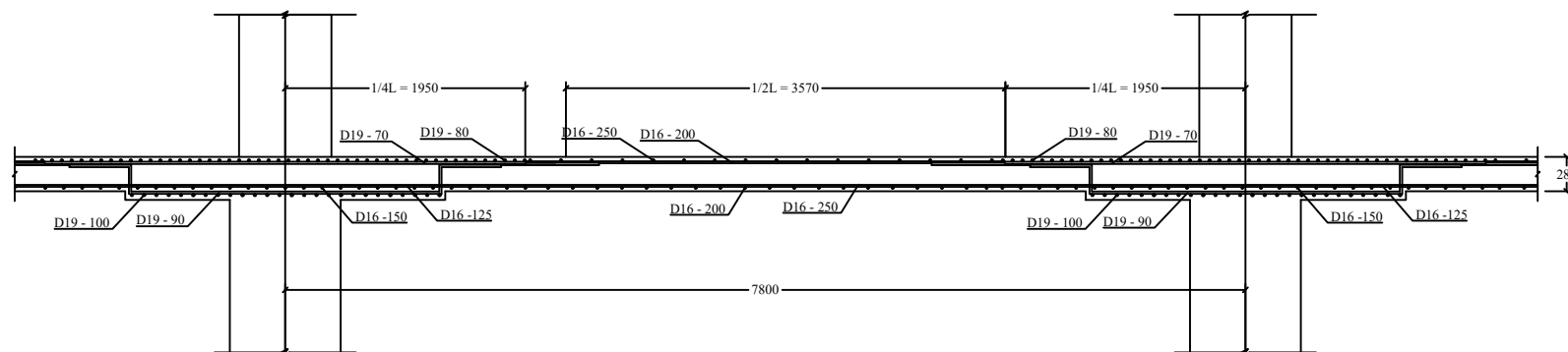
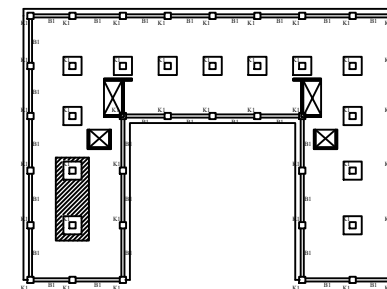
No
Gambar


Jumlah
Gambar

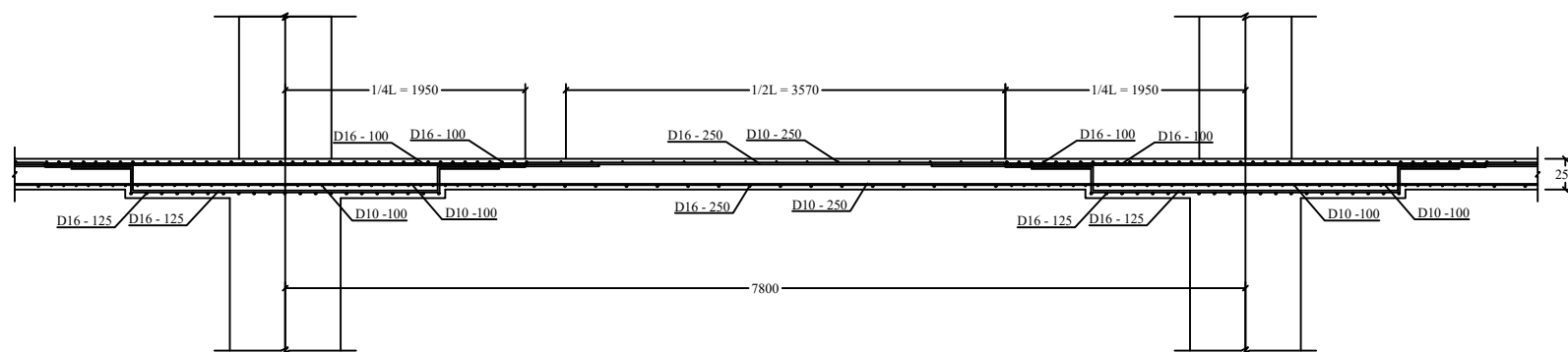
-


14

30



 Penulangan Drop Panel Pelat Lantai Arah X



 Penulangan Drop Panel Pelat Atap Arah X



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Penulangan Drop
Panel Arah Y

1:60

Kode

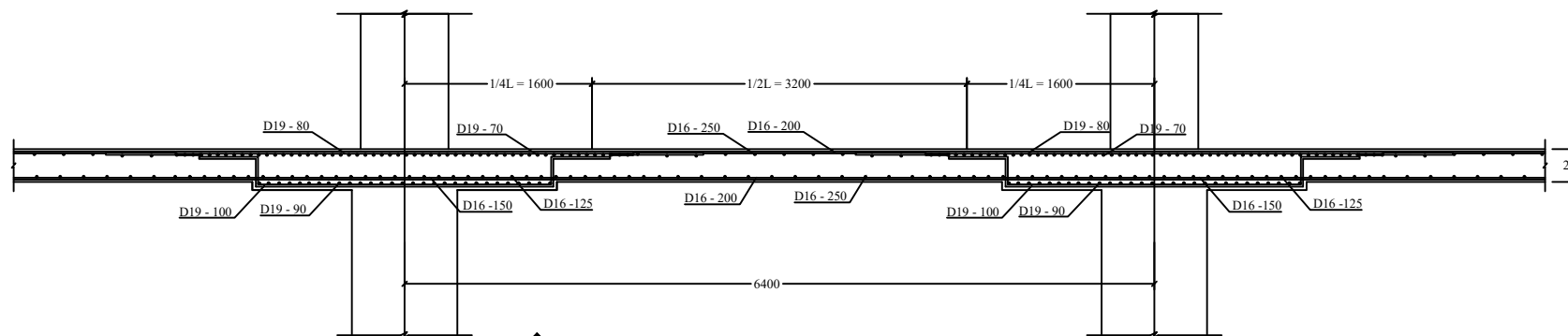
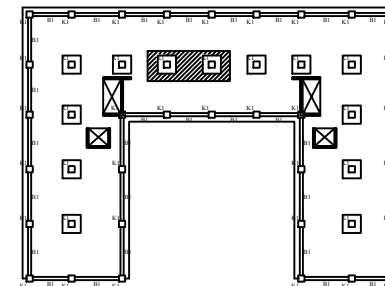
No
Gambar

Jumlah
Gambar

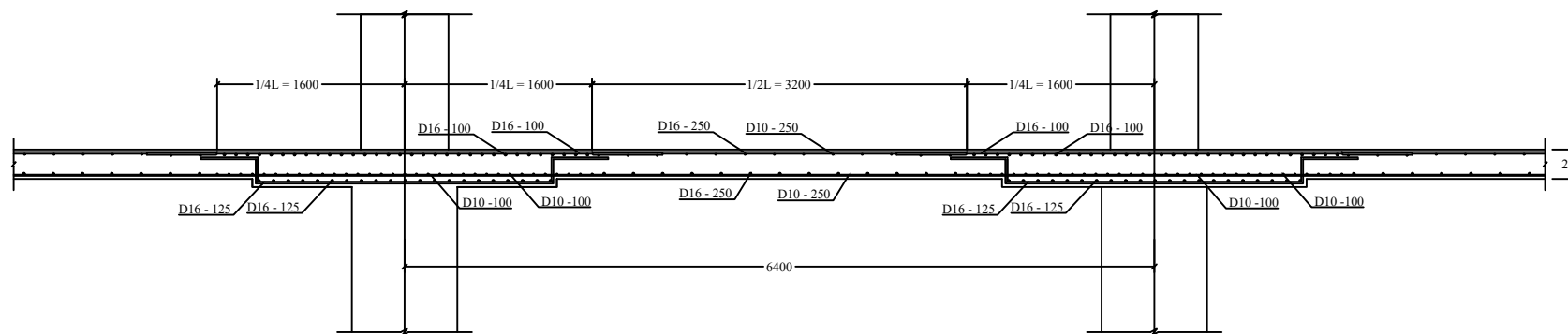
-

15

30



Penulangan Drop Panel Pelat Lantai Arah Y



Penulangan Drop Panel Pelat Atap Arah Y



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

-

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Tulangan
Balok

1:30

Kode

No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

16

30

Tabel Penulangan Balok Tepi

Tipe Posisi	B1		B2	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Gambar Potongan Penampang				
Dimensi	450 x 650	450 x 650	350 x 500	350 x 500
Tulangan Atas	5 D22	3 D22	4 D19	2 D19
Tulangan Tengah	6 D16	4 D16	-	-
Tulangan Bawah	3 D22	3 D22	2 D19	2 D19
Tulangan Sengkang	2D13 - 100	2D13 - 250	2D13 - 100	2D13 - 200



Detail Tulangan Balok



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

-

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Tulangan
Balok

1:40

Kode

No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

17

30

Tabel Penulangan Kolom

Tipe Posisi	K1		K2		K3	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Gambar Potongan Penampang						
Dimensi	900 x 900	900 x 900	750 x 750	750 x 750	500 x 500	500 x 500
Tulangan Longitudinal	16 D29	16 D29	16 D29	16 D29	12 D25	12 D25
Tulangan Sengkang	4 D16 - 100	4 D16 - 150	4 D16 - 100	4 D16 - 150	4 D16 - 100	4 D16 - 150



Detail Tulangan Kolom



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Penulangan
Balok-Kolom

1:50

Kode

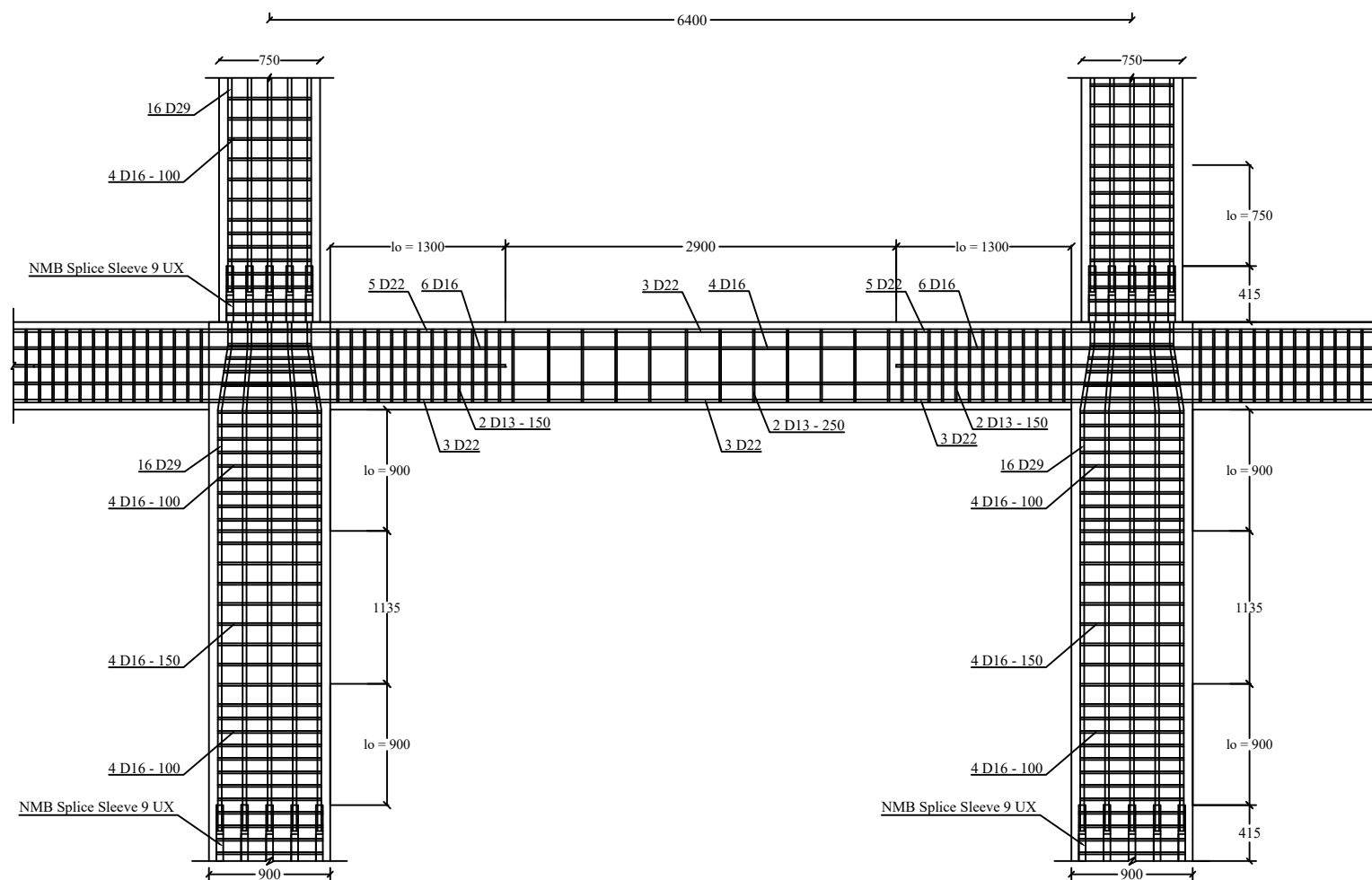
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

18

30



Penulangan Balok Kolom (K1-K2)



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Penulangan
Balok-Kolom

1:50

Kode

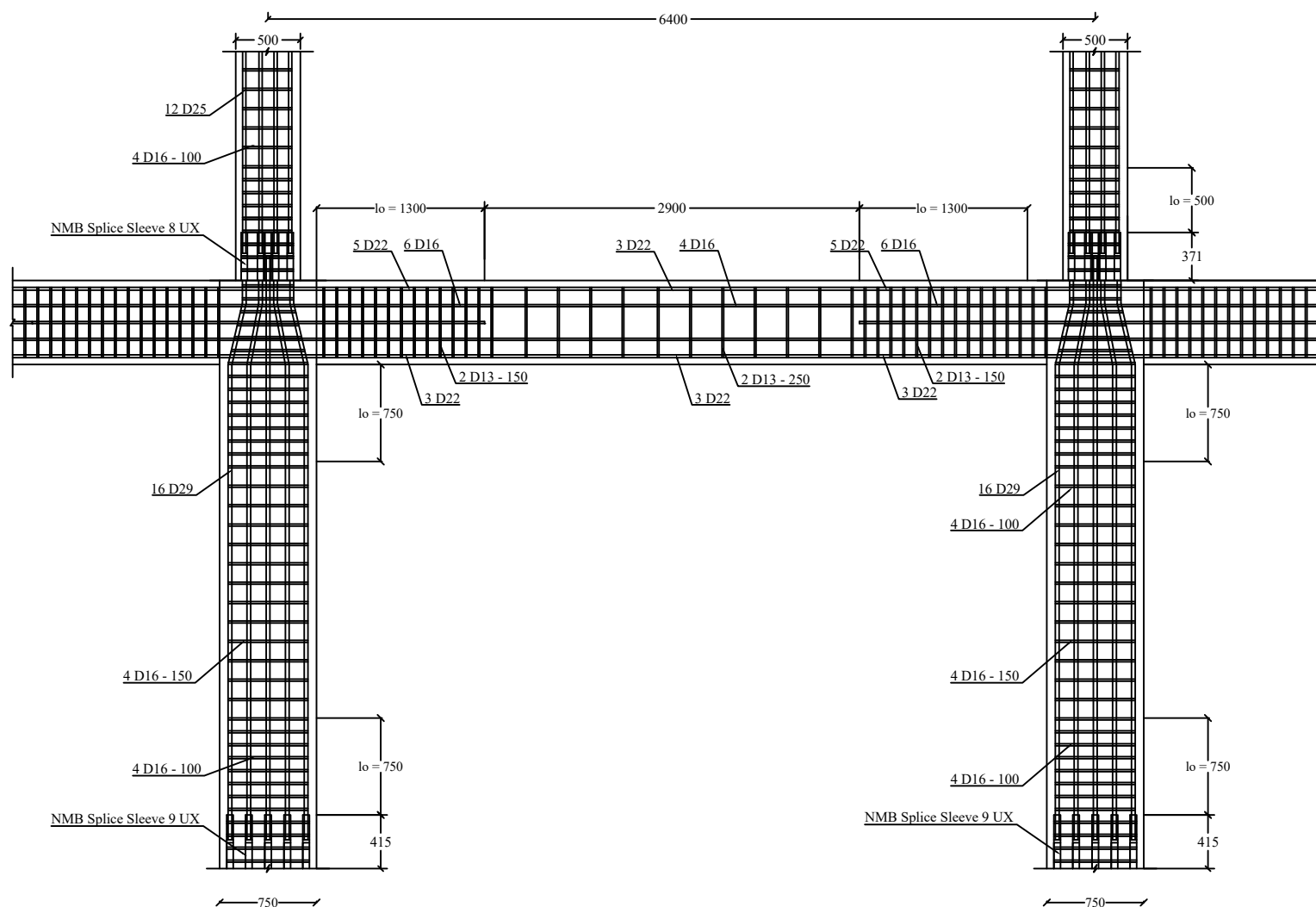
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

19

30



Penulangan Balok Kolom (K2-K3)



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Penyaluran Tulangan minimum untuk
NMB Splice Sleeve
Tipe 8 UX = 165 mm
Tipe 9 UX = 188 mm
Gambar Kolom tidak diperlihatkan
tulangan gesernya

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Detail Sambungan
Kolom

1:40

Kode

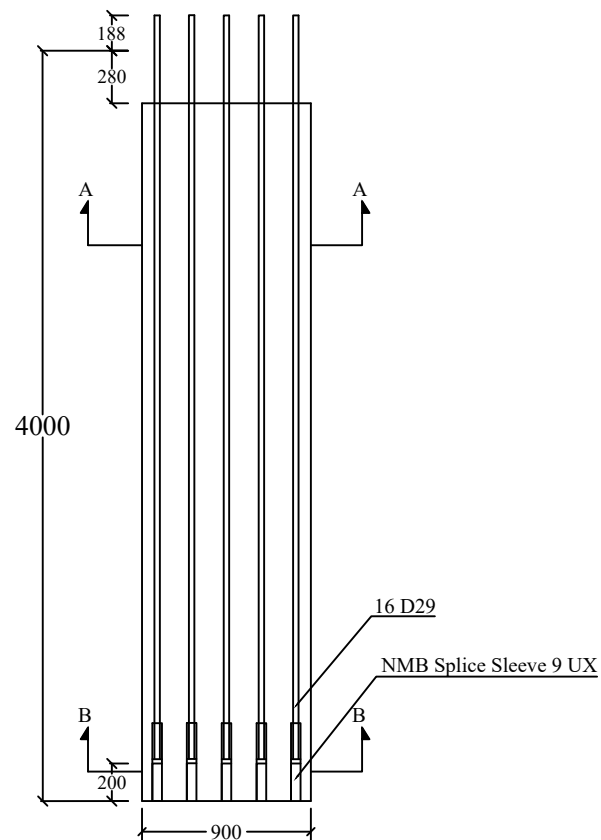
No
Gambar


Jumlah
Gambar

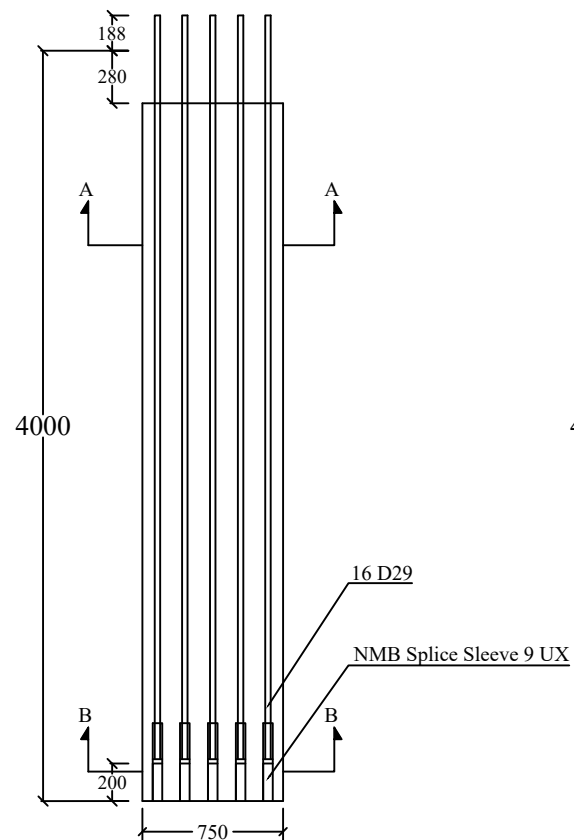
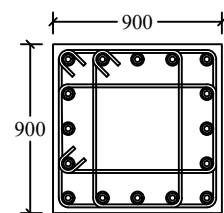
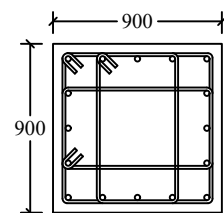
-


20

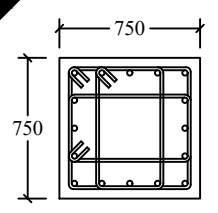
30



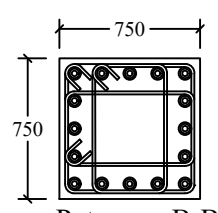
 Detail Sambungan K1



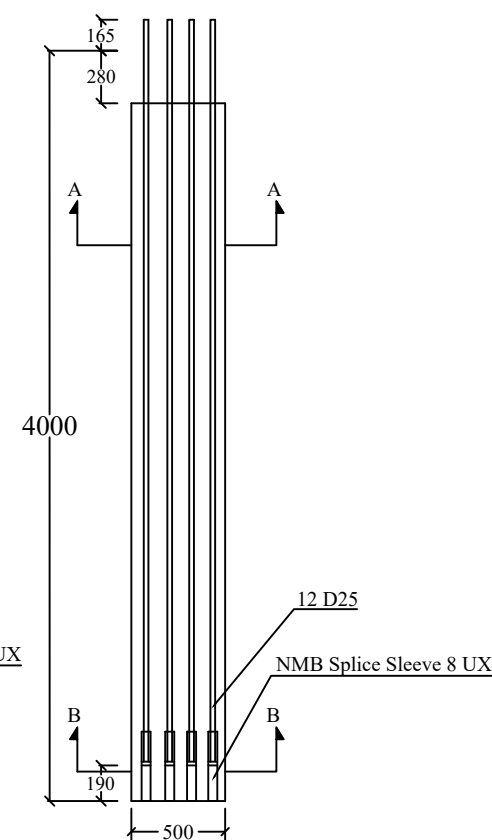
 Detail Sambungan K2




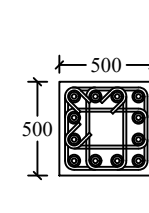
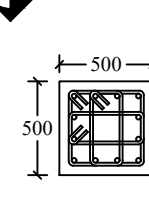
Potongan A-A



Potongan B-B



 Detail Sambungan K3





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
0311164000143

Nama Gambar

Skala

Denah Tangga

1:30

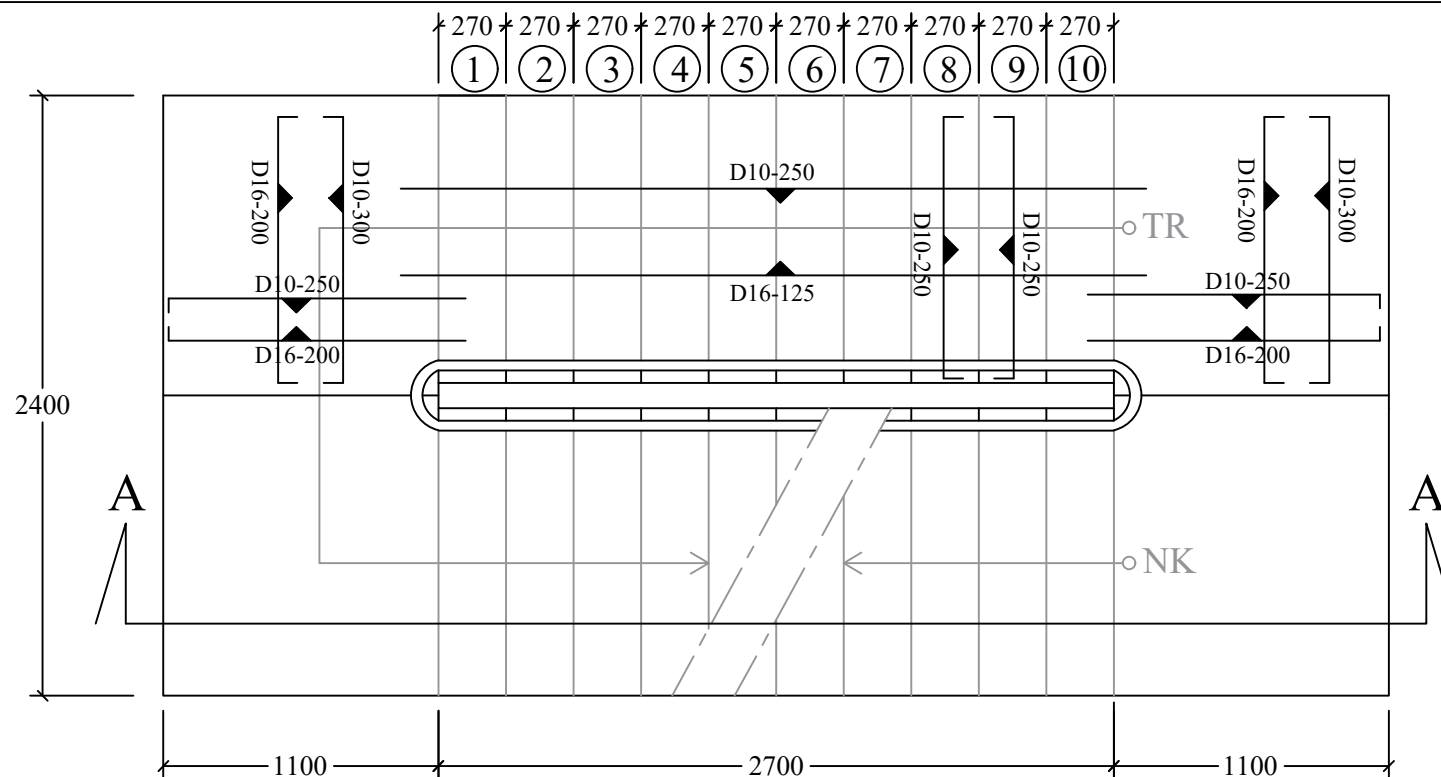
Kode

No
Gambar

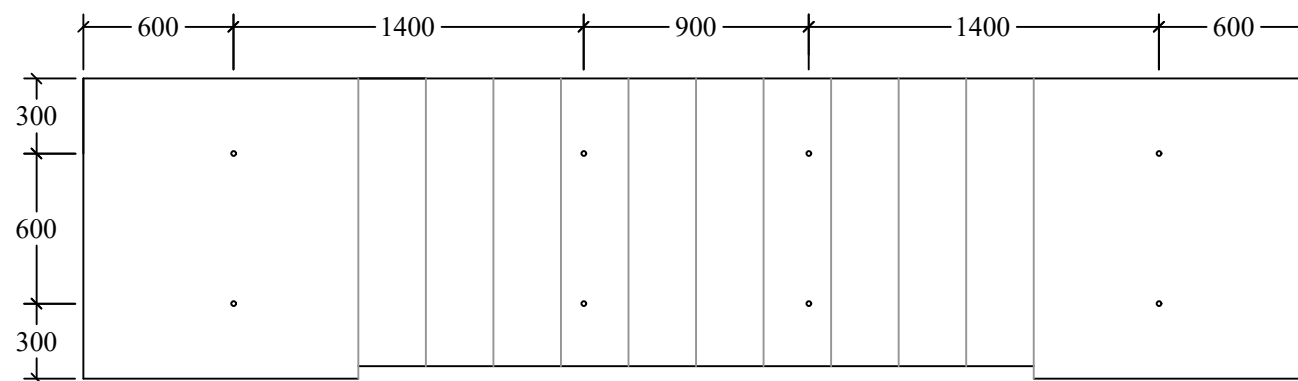
Jumlah
Gambar

21

30



Denah Tangga



Titik Pengangkatan



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Potongan A-A
Tangga

1:30

Kode

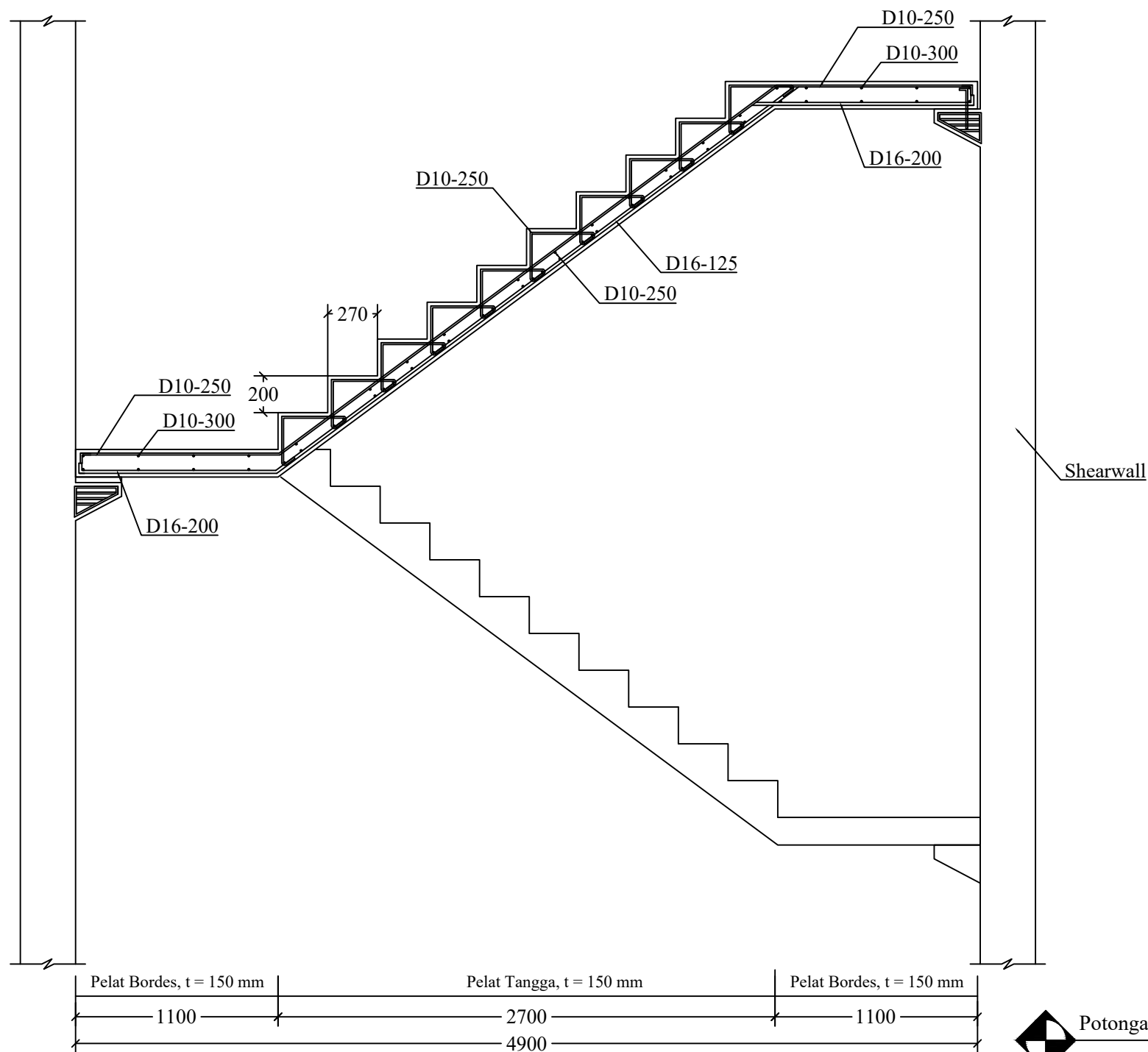
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

22

30



Potongan A-A Tangga



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

-

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Shearwall Tipe 1

1:40

Kode

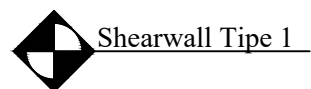
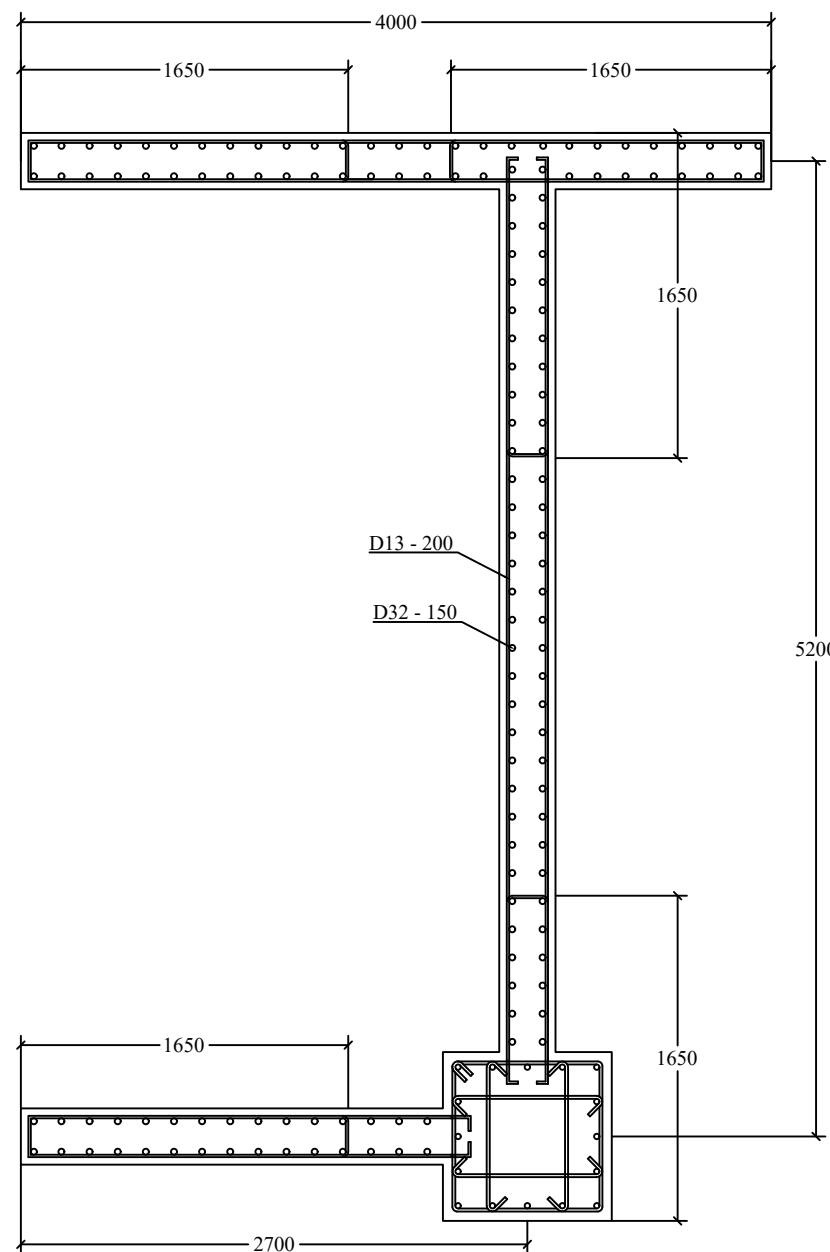
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

23

30



Shearwall Tipe 1



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

-

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Shearwall Tipe 2

1:30

Kode

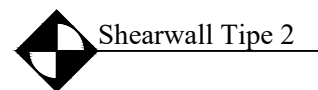
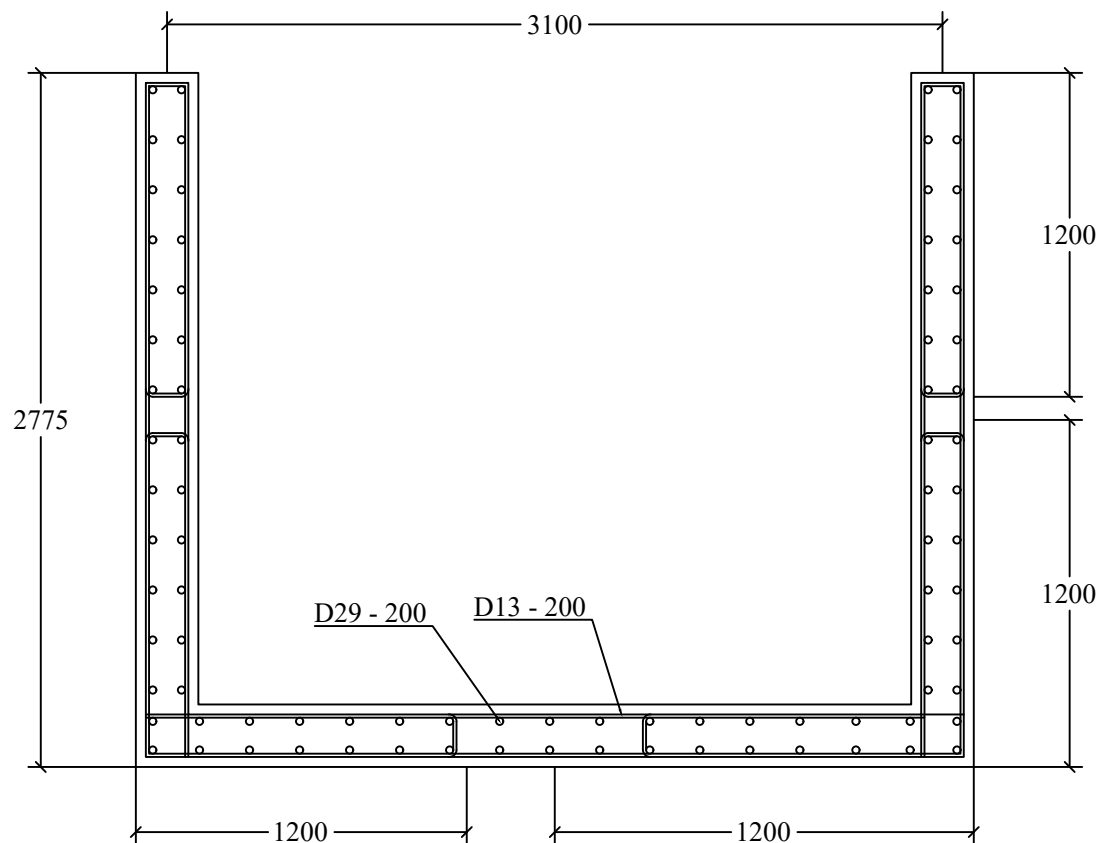
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

24

30



Shearwall Tipe 2



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Denah Pondasi

1:325

Kode

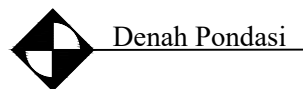
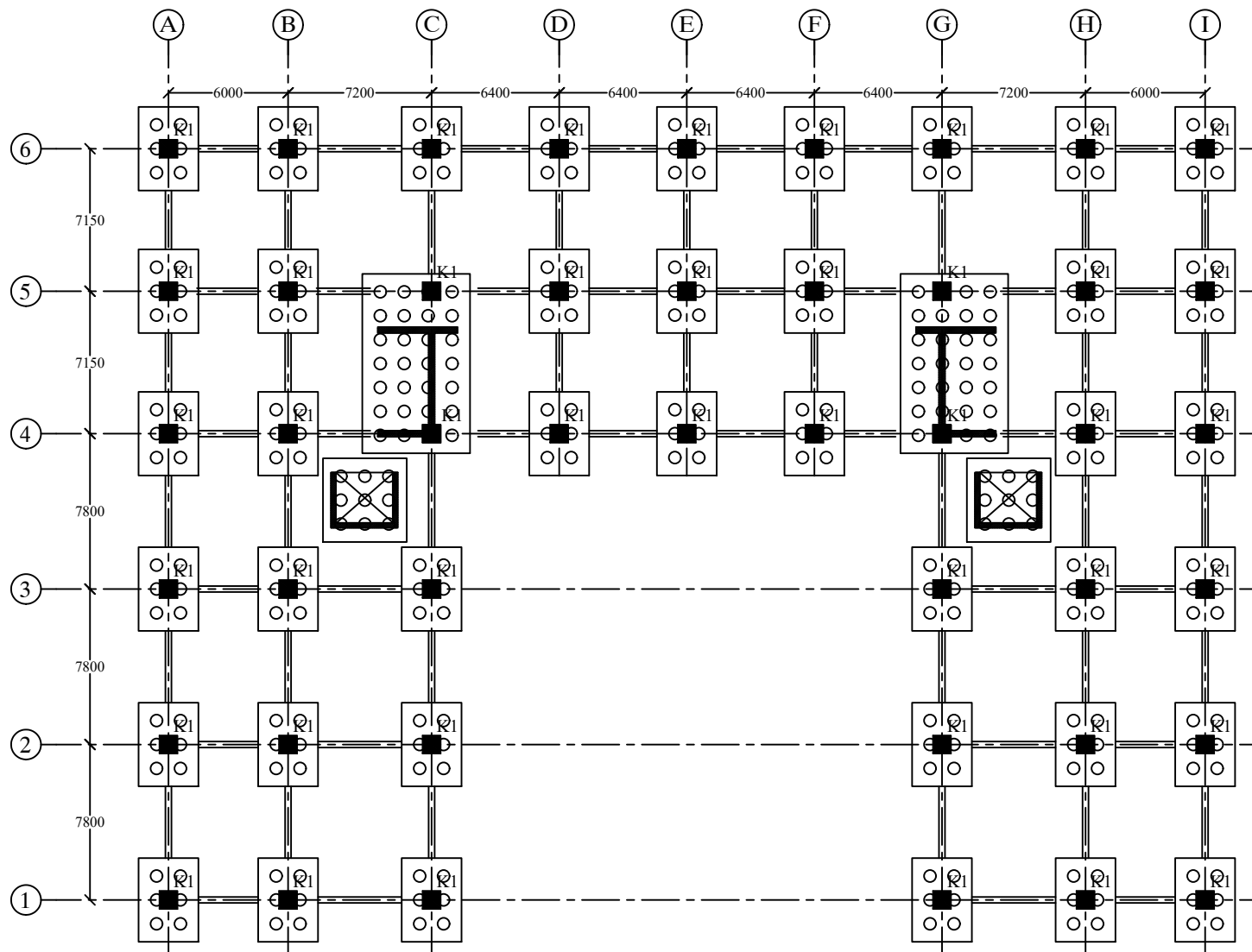
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

25

30





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Pile Cap

1:80

Kode

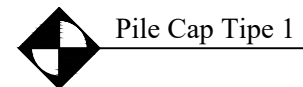
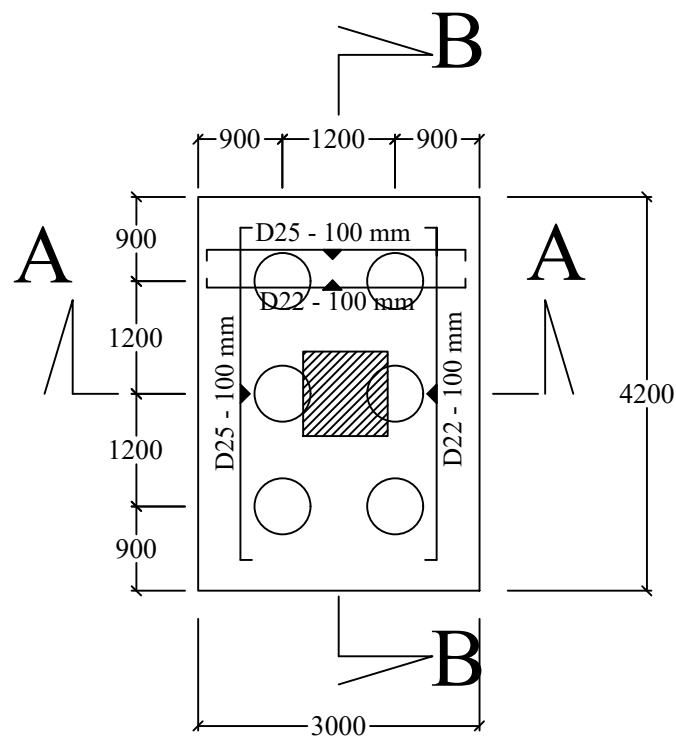
No
Gambar

Jumlah
Gambar

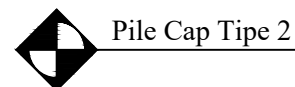
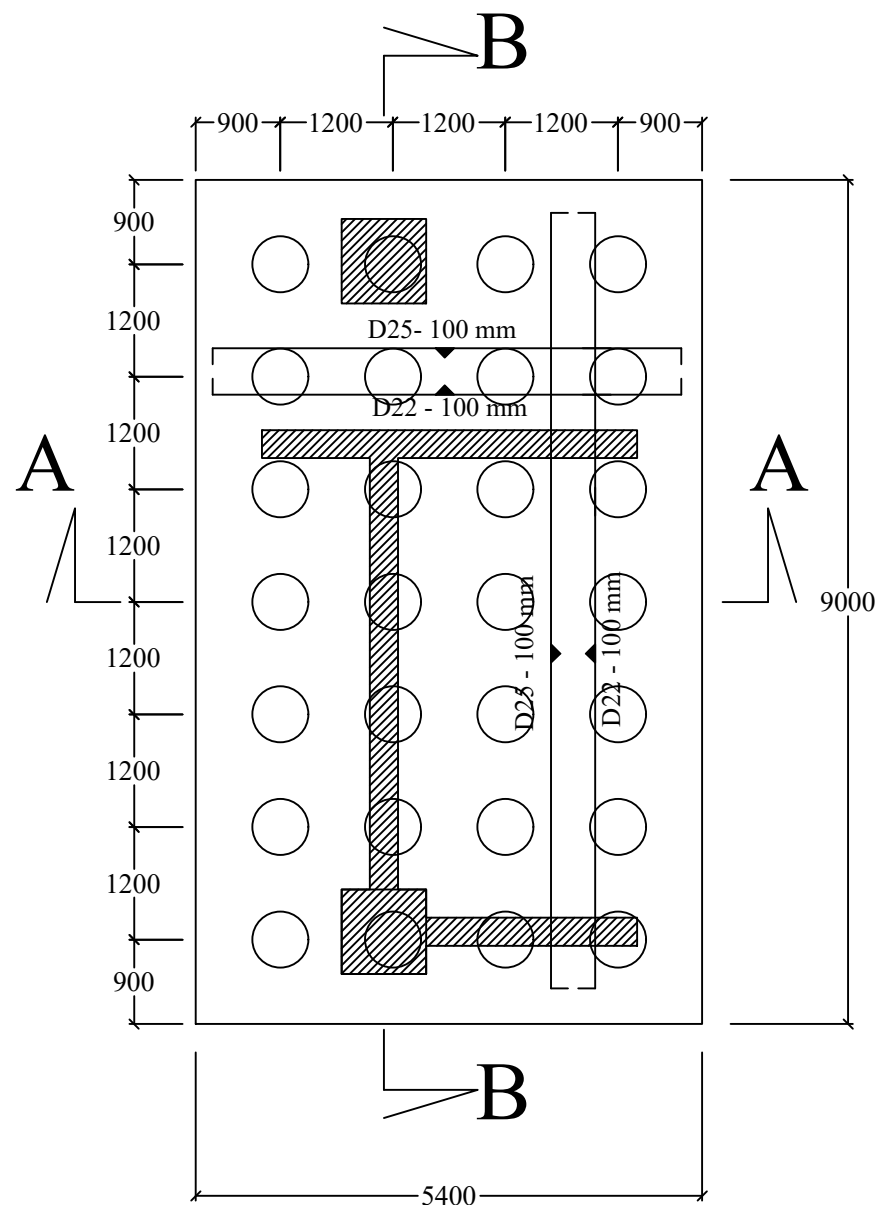
-

26

30



Pile Cap Tipe 1



Pile Cap Tipe 2



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Pile Cap

1:80

Kode

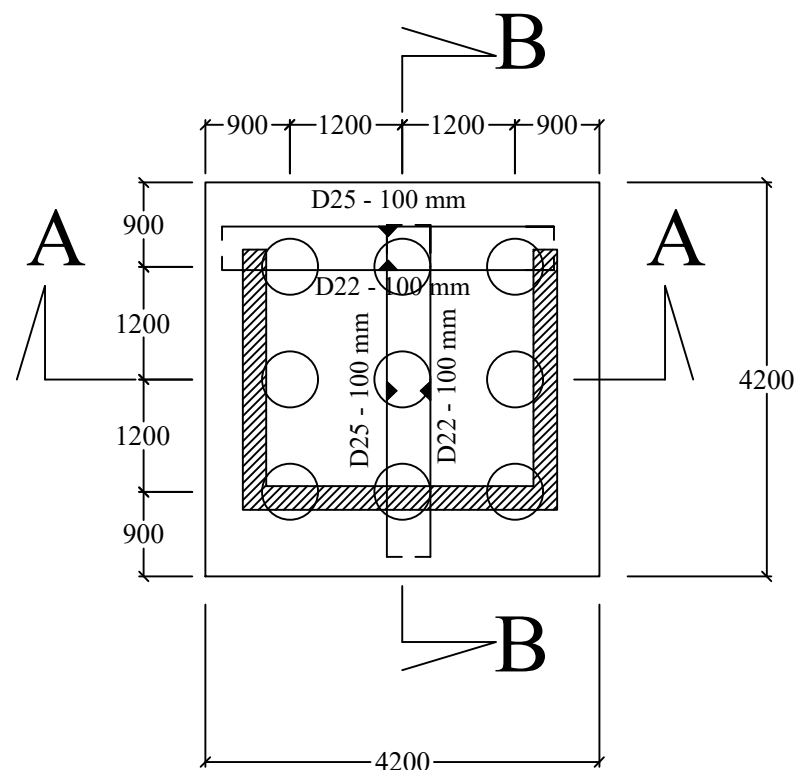
No
Gambar

Jumlah
Gambar

-

27

30



Pile Cap Tipe 3



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Potongan Pile Cap

1:80

Kode

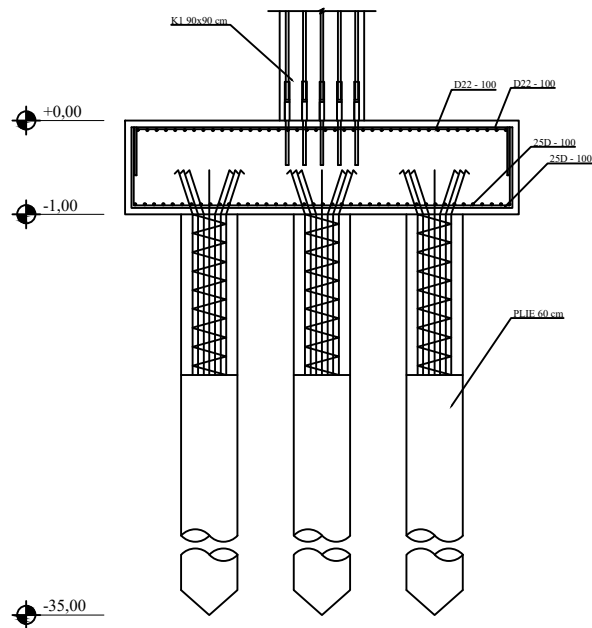
No
Gambar

Jumlah
Gambar

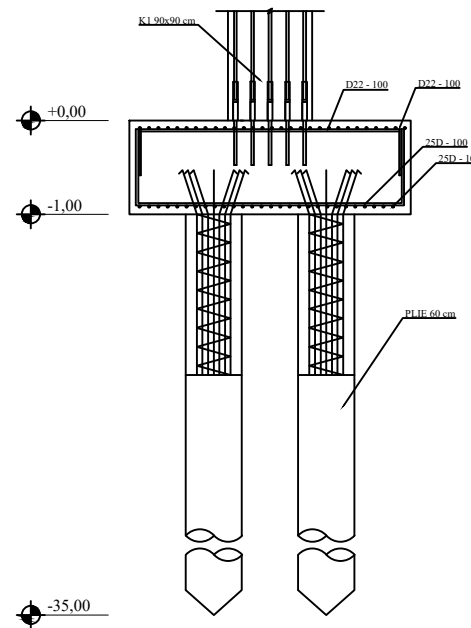
-

28

30



Potongan B-B Pile Cap Tipe 1



Potongan A-A Pile Cap Tipe 1



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Potongan Pile Cap

1:80

Kode

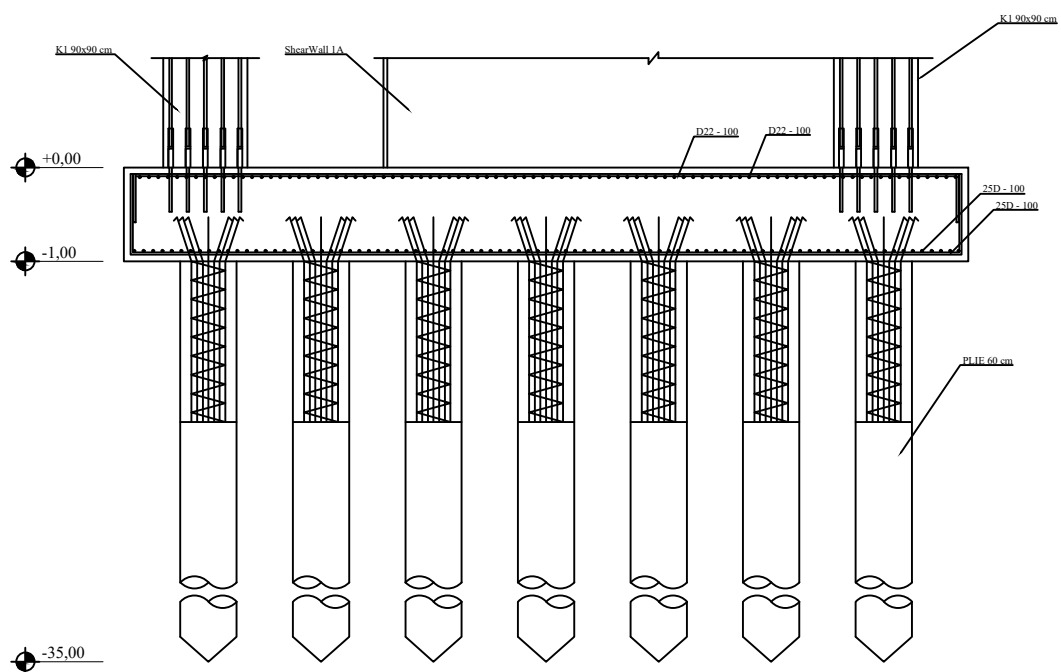
No
Gambar

Jumlah
Gambar

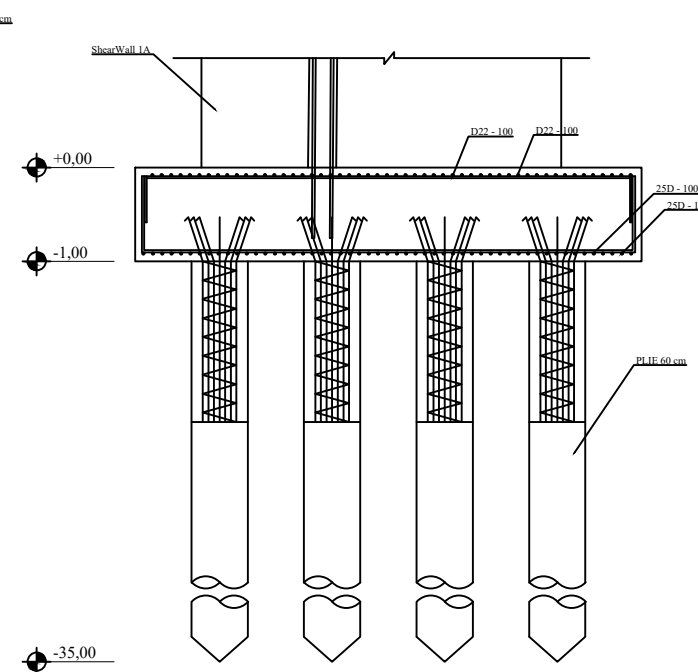
-

29

30



Potongan B-B Pile Cap Tipe 2



Potongan A-A Pile Cap Tipe 2



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

DESAIN MODIFIKASI
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
SURABAYA MENGGUNAKAN
U-BOOT PADA FLAT SLAB
DAN KOLOM PRACETAK

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hutomo Fadjar Rahman
03111640000143

Nama Gambar

Skala

Potongan Pile Cap

1:80

Kode

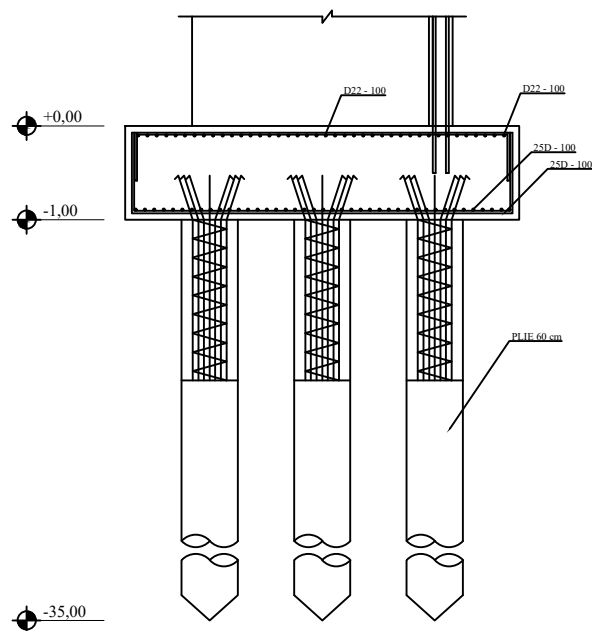
No
Gambar

Jumlah
Gambar

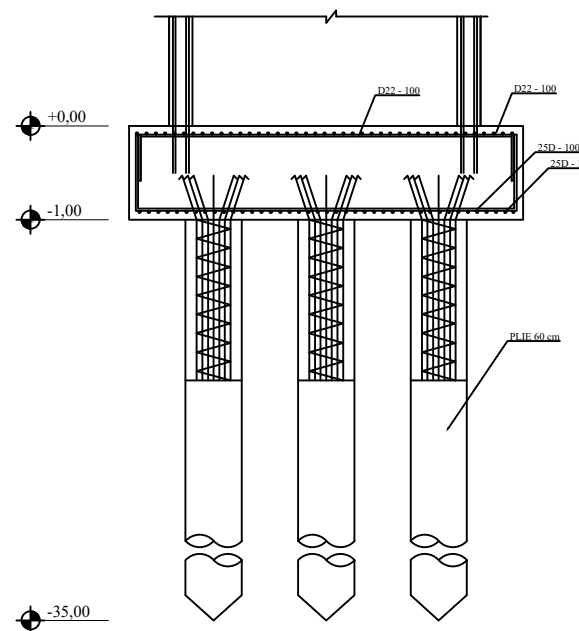
-

30

30



Potongan B-B Pile Cap Tipe 3



Potongan A-A Pile Cap Tipe 3

BIODATA PENULIS



Hutomo Fadjar Rahman, Penulis dilahirkan di Ambon, 23 Mei 1998, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dengan orang tua bernama Haryana dan Yulianti. Penulis telah menumpuh Pendidikan formal di SD Al-Falah Tropodo 2 Sidoarjo, SMP Al-Falah Deltasari Sidoarjo, dan SMA Al-Hikmah Surabaya. Setelah lulus dari SMA Al-Hikmah Surabaya tahun 2016, Penulis mengikuti program kemitraan dan diterima di Departemen Teknik Sipil FTSPK-ITS pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 0311640000143. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kampus diantaranya: Kepanitiaan, himpunan, lomba dan seminar. Di Departemen Teknik Sipil ini penulis topik TA bidang Struktur khususnya bangunan gedung.

E-mail : hutomo.fadjar.hf@gmail.com