



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG 1 *PARK AVENUE* JAKARTA  
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN  
*HOLLOW CORE SLAB***

ARVIDA NOVIA RAHMATIKA  
NRP. 0311154000116

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

Dosen Pembimbing II  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

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



TUGAS AKHIR (RC184803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 1  
*PARK AVENUE* JAKARTA MENGGUNAKAN ELEMEN  
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE SLAB***

ARVIDA NOVIA RAHMATIKA  
NRP. 03111540000116

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

Dosen Pembimbing II  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

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

*“Halaman ini sengaja dikosongkan...”*



FINAL PROJECT (RC184803)

**MODIFICATION DESIGN OF 1 PARK AVENUE JAKARTA  
BUILDING USING PRECAST CONCRETE AND HOLLOW  
CORE SLAB**

ARVIDA NOVIA RAHMATIKA  
NRP. 03111540000116

Academic Supervisor I  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

Academic Supervisor II  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

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



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG 1 PARK AVENUE JAKARTA  
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN  
HOLLOW CORE SLAB**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh:

**ARVIDA NOVIA RAHMATIKA**  
NRP. 03111540000116

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

2. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.



**SURABAYA  
JULI 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 1 PARK AVENUE JAKARTA MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN *HOLLOW CORE SLAB***

**Nama Mahasiswa** : Arvida Novia Rahmatika  
**NRP** : 0311154000116  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

## **ABSTRAK**

*Beton pracetak merupakan beton yang dibuat di pabrik atau di ground floor proyek yang kemudian diangkat untuk dipasang pada tempatnya. Beton pracetak diterapkan untuk memudahkan pekerjaan di lapangan dan mendapatkan hasil yang lebih akurat karena elemen-elemen struktur berupa beton sudah dicetak terlebih dahulu di pabrik dengan kualitas yang dapat terjaga. Gedung 1 Park Avenue Jakarta pada kondisi sebenarnya dibangun dengan menggunakan metode konvensional dengan ketinggian 29 lantai dan 4 basement. Dalam tugas akhir ini, Gedung tersebut akan dilakukan perancangan menggunakan elemen pracetak. Selain perancangan elemen struktur primer menggunakan pracetak, pada tugas akhir ini juga menggunakan hollow core slab. Adanya celah menerus pada hollow core slab dapat digunakan untuk mengurangi berat sendiri pelat dan biaya pelaksanaan konstruksi. Plat ini terbuat dari beton berkualitas tinggi yang merupakan salah satu elemen pra fabrikasi dengan proporsi rongga yang lebih besar. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi desain menjadi 29 lantai dan 1 basement. Elemen struktur bangunan, yaitu pelat, balok induk dan kolom akan dimodifikasi juga dengan menggunakan metode beton pracetak. Sistem bangunan yang dipakai adalah system ganda (dual system).*

*Untuk melakukan Analisa struktur dan desain bangunan, penulis menggunakan ETABS 2013 sebagai program bantu. Dalam*

*perencanaan struktur ini, metode yang digunakan mengacu pada peraturan seperti perencanaan beton konvensional dengan SNI 2847:2013, SNI 1727:2013, SNI 1726:2012, PCI Design Handbook Precast and Prestresses Concrete Sixth Edition dan referensi lainnya.*

*Hasil akhir yang didapatkan akan berupa gambar modifikasi perencanaan Gedung dengan menggunakan program bantu Autocad.*

***Kata kunci : beton pracetak, sistem ganda, hollow core slab***

**MODIFICATION DESIGN OF 1 PARK AVENUE  
JAKARTA BUILDING USING PRECAST CONCRETE  
ELEMENT AND *HOLLOW CORE SLAB***

**Student Name** : Arvida Novia Rahmatika  
**Student ID** : 03111540000116  
**Departement** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Academic Supervisor** : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

**ABSTRACT**

*Precast concrete is concrete made in the factory or on the ground floor of the project which is then lifted to be installed in its place. Precast concrete is applied to facilitate the work in the field and get more accurate results because the structural elements in the form of concrete have been printed first in the factory with quality that can be maintained. Park 1 Building Jakarta Avenue in its actual condition was built using conventional methods with a height of 29 floors and 4 basements. In this final project, the building will be designed using precast elements. In addition to designing primary structural elements using precast, this final project also uses a hollow core slab. The existence of a continuous gap on the hollow core slab can be used to reduce the plate's own weight and the cost of carrying out construction. This plate is made of high-quality concrete which is one of the pre-fabricated elements with a larger proportion of cavities. In this final project, 1 Park Avenue Jakarta Apartment will be modified to have 29 floors and 1 basement. The structural elements of the building, specifically slab, primary beam and secondary beam are also modified using precast concrete method. The system used in this building is dual system.*

*In planning this structure, the method used refers to regulations such as conventional concrete planning: SNI 2847: 2013, SNI 1727: 2013, SNI 1726: 2012, PCI Design Handbook*

*Precast and Prestressed Concrete Sixth Edition and other references.*

*The final results obtained will be in the form of a modified building planning drawing using the Autocad auxiliary program.*

***Keywords : precast concrete, dual system, hollow core slab***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan sesuai waktu yang ditetapkan.

Tugas akhir ini berjudul “Desain Modifikasi Gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta dengan Menggunakan Elemen Pracetak dan *Hollow Core Slab*”. Dalam tugas akhir ini secara garis besar membahas tentang perencanaan elemen beton pracetak, yaitu pelat, balok induk dan balok anak serta sambungan yang digunakan dan elemen struktur lainnya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Ir. I Gusti Putu Raka. selaku dosen pembimbing I tugas akhir yang telah menyempatkan waktunya dan memberikan banyak arahan, bimbingan dan ilmu yang sangat bermanfaat dalam penyusunan tugas akhir ini. Saya tidak akan melupakan jasa-jasa dan kebaikan Bapak.
2. Bapak Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. selaku dosen pembimbing II tugas akhir yang telah menyempatkan waktunya dan memberikan banyak arahan, bimbingan dan ilmu yang sangat bermanfaat dalam penyusunan tugas akhir ini. Saya tidak akan melupakan jasa-jasa dan kebaikan Bapak.
3. Kedua orangtua saya, Rahmat Kurniawan dan Saidah yang selalu memberikan doa, motivasi, semangat dan selalu mengingatkan untuk dekat dengan ALLAH dan menjaga kesehatan dan memberi support dana. Makasih ya mah pah ! dan untuk adikku satu-satunya yang sedang berjuang menempuh pendidikannya.
4. Bapak Umboro Lasminto, S.T., M.T. selaku dosen wali.
5. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T. Ph.D. selaku ketua Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.



6. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu, atas ilmunya yang sangat bermanfaat.
7. Bapak dan Ibu TU yang telah banyak membantu dan memudahkan dalam hal administrasi dan berkas-berkas selama masa perkuliahan.
8. Teman dekatku Lingga Mahesa Prayuko yang sudah banyak membantu, menyemangati dan menemani selama masa perkuliahan sampai akhir perkuliahan. Terima kasih sudah menjadi partner yang sangat sabar dalam segala aspek kehidupan selama perkuliahan.
9. Spesial thanks untuk Adnya yang udah banyak banget ngajarin dan sabar membantu teman-teman yang membutuhkan ilmu.
10. Teman-Teman geng Mekflu Putu Pradnyanita Manik Wasita, Ni Putu Ary Yuliadewi dan Pelangi Shafira Maharani terimakasih sudah banyak membantu selama masa perkuliahan sampai tugas akhir dan terima kasih atas canda tawa, semangat dan gosipnya.
11. Semua teman SUKSES ETS EAS, yaitu Rut, Nanda , Bagus, Dwindu , Oka, Muqram, Ganggas, Danil, Najo, Lunar, Lingga , Pelangi, Adnya, Ary, Terima kasih atas semua cerita, kerjasama dan bantuannya selama amsa perkuliahan semoga kita selalu kompak.
12. Teman Demboyzz Mikex Yasa Ilman Ganggas Nanda Najo Lingga Muqram, makasih telah mengisi hari-hari perkuliahan dengan canda tawa yang sangat seru dan kocak.
13. Teman-teman yang telah sangat banyak membantu, mengajari dan menyemangati selama pengerjaan tugas akhir yaitu Vinson, Diana , dan Angga, terima kasih banyak.
14. Teman-teman S58 (KOPASSUS), Keluarga saya di Surabaya, terima kasih telah menjadi keluarga yang sangat berkesan dan seru.
15. Teman-teman, adik-adik dan senior-senior DAGRI yang selalu menyemangati dan memberi pengalaman berhimpun.

16. Teman mengerjakan TA , Fabian, Ricky, Fito, Lilla, Maria , Ayu, alfi ,dinok.

17. Nabita Nadiranti, Nur Alivia, Ratnasari, Fatim, Lia Mulyani , Tamara, Nisma , Laila, Devi, April, dan teman bridal shower lainnya yang sering sekali menyemangati, membantu dan mendoakan.

Penulis juga menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perkembangan positif bagi penulis.

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

Surabaya, Juli 2019

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.2.1 Masalah Utama .....	3
1.2.2 Detail Masalah .....	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.3.1 Tujuan Utama .....	4
1.3.2 Tujuan Detail .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Beton Pracetak.....	7
2.3 Sistem Struktur Gedung .....	10
2.4 Elemen Struktur Beton Pracetak .....	11
2.4.1 Pelat Pracetak.....	11
2.4.2 Balok Pracetak .....	14
2.4.3 Kolom Pracetak.....	16
2.5 Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ).....	17
2.6 Sambungan Beton Pracetak.....	17
1.6.1 Sambungan Kering dengan Menggunakan Baut.....	18
1.6.2 Sambungan Kering dengan Menggunakan Las .....	18
1.6.3 Sambungan Basah dengan Cor di Tempat .....	19
1.7 Pengangkatan dan Metode Ereksi Beton Pracetak.....	20
1.7.1 Pengangkatan Elemen Beton Pracetak.....	20
1.8 Metode Ereksi Beton Pracetak.....	23

1.9 Pondasi.....	25
1.9.1 Pondasi Dangkal .....	25
1.9.2 Pondasi Dalam .....	27
BAB III METODOLOGI .....	29
3.1 Umum .....	29
3.2 Bagan Alir Perencanaan.....	29
3.3 Pengumpulan Data.....	31
3.3.1 Data Awal	31
3.3.2 Data Modifikasi.....	31
3.4 Studi Literatur .....	32
3.5 <i>Preliminary Design</i> .....	33
3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat.....	33
3.5.2 Perencanaan Dimensi Balok .....	33
3.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom.....	34
3.5.4 Perencanaan Balok Anak .....	34
3.5.5 Perencanaan Tangga .....	34
3.5.6 Perencanaan Dinding Geser.....	35
3.6 Permodelan dan Pembebanan dengan Analisa Struktur .....	35
3.6.1 Penggunaan Analisa Struktur .....	35
3.6.2 Perhitungan Gaya Dalam.....	35
3.6.3 Kontrol Permodelan Struktur .....	36
3.7 Pembebanan .....	39
3.7.1 Beban Mati	39
3.7.2 Beban Hidup	40
3.7.3 Beban Gempa.....	40
3.7.4 Kombinasi	49
3.8 Perencanaan Struktur Utama .....	50
3.8.1 Penulangan Balok .....	50
3.8.2 Penulangan Kolom.....	55
3.8.3 Perencanaan Hollow Core Slab .....	58
3.8.3.3 Perencanaan dan Penulangan Dinding Geser.....	60
3.9 Perencanaan Sambungan .....	62
3.9.1 Sambungan Balok Kolom .....	62
3.9.2 Sambungan Balok Utama-Balok Anak .....	65
3.9.3 Sambungan Balok Pelat .....	66

3.9.4	Pengangkatan <i>Hollow Core Slab</i> .....	67
3.9.5	Perencanaan Bangunan Bawah .....	68
3.9.5.1	Perencanaan basement .....	68
3.9.5.2	Perencanaan Pondasi.....	69
3.10	Metode Pelaksanaan Gedung Pracetak .....	75
3.11	Gambar Teknis Hasil Analisis Perhitungan .....	82
BAB IV PEMBAHASAN .....		83
4.1	<i>Preliminary Design</i> .....	83
4.1.1	Pembebanan	83
4.1.2	Perencanaan Dimensi Balok .....	83
4.1.3	Perencanaan Dimensi Pelat.....	86
4.1.4	Perencanaan Dimensi Kolom.....	88
4.1.1	Perencanaan Dimensi Dinding Geser .....	96
4.2	Pembebanan dan Analisa Struktur .....	97
4.2.1	Umum	97
4.2.2	Permodelan Struktur.....	97
4.2.3	Pembebanan Gravitasi.....	98
4.2.4	Pembebanan Gempa Dinamis .....	99
4.3	Struktur Sekunder .....	122
4.3.1	Umum	122
4.3.2	Perencanaan Tangga .....	122
4.3.3	Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap.....	135
4.3.4	Perencanaan Balok Anak .....	137
4.3.5	Perencanaan Balok <i>Lift</i> .....	164
4.4	Struktur Primer .....	169
4.4.1	Umum	169
4.4.2	Perencanaan Balok Induk .....	169
4.4.3	Perencanaan Kolom .....	204
4.4.4	Perencanaan <i>Shear Wall</i> .....	223
4.5	Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak .....	232
4.5.1	Umum	232
4.5.2	Konsep Desain Sambungan .....	233
4.5.3	Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak .....	233
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok – Kolom.....	239
4.5.5	Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk ...	247

4.5.6	Perencanaan Balok Induk-Shearwall .....	249
4.5.7	Perencanaan Sambungan Balok-Plat .....	250
4.6	Perencanaan Struktur Bawah .....	251
4.6.1	Perencanaan Pelat Basement.....	251
4.6.2	Gaya <i>Uplift</i> untuk Pelat <i>Basement</i> .....	258
4.6.3	Perencanaan dimensi dinding penahan tanah.....	258
4.6.4	Perencanaan Pondasi.....	262
BAB V PENUTUP .....		303
5.1	Kesimpulan.....	303
5.2	Saran.....	305
DAFTAR PUSTAKA.....		307

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Hollow Core Slab</i> .....	12
Gambar 2. 2 Pelat Pracetak <i>Hollow Core Slab</i> .....	13
Gambar 2. 3 <i>Solid Flat Slab</i> .....	13
Gambar 2. 4 Pelat Pracetak <i>Single Tee</i> .....	14
Gambar 2. 5 Pelat Pracetak <i>Double Tees</i> .....	14
Gambar 2. 6 <i>Rectangular Beam</i> .....	15
Gambar 2. 7 <i>L-Shaped Beam</i> .....	15
Gambar 2. 8 <i>Inverted Tee Beam</i> .....	16
Gambar 2. 9 (a) <i>Single Storey</i> dan (b) <i>Multi Storey Column</i> .....	16
Gambar 2. 10 Sambungan Menggunakan Baut .....	18
Gambar 2. 11 Sambungan Menggunakan Las.....	19
Gambar 2. 12 Sambungan Balok – Kolom dengan Cor di Tempat .....	20
Gambar 2. 13 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak .....	21
Gambar 2. 14 Delapan Titik Angkat pada Pelat Pracetak .....	21
Gambar 2. 15 Pengangkatan Balok Pracetak.....	22
Gambar 2. 16 Pengangkatan pada Elemen Kolom .....	23
Gambar 2. 17 Metode Ereksi Arah Vertikal.....	24
Gambar 2. 18 Metode Ereksi Arah Horizontal.....	24
Gambar 2. 19 Pondasi Telapak.....	26
Gambar 2. 20 Pondasi Rakit.....	26
Gambar 2. 21 Pondasi Batu Kali .....	27
Gambar 2. 22 Pondasi Sumuran .....	27
Gambar 2. 23 Pondasi Tiang .....	28
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	30
Gambar 3. 2 <i>Cross Section hollow core slab</i> .....	33
Gambar 3. 3 Perhitungan simpangan tiap lantai.....	38
Gambar 3. 4 $S_s$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget ( $MCE_R$ ).....	43
Gambar 3. 5 $S_1$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget ( $MCE_R$ ).....	44
Gambar 3. 6 Model Pembebanan saat Pengangkatan Balok Pracetak .....	54
Gambar 3. 7 <i>Cross Section hollow core slab</i> .....	58



Gambar 3. 8 Detail penulangan Balok-Kolom .....	63
Gambar 3. 9 Konsol Pendek Sambungan Balok dan Kolom.....	64
Gambar 3. 10 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	66
Gambar 3. 11 Sambungan <i>Hollow Core Slab</i> dengan Balok Tengah .....	66
Gambar 3. 12 Sambungan <i>Hollow Core Slab</i> dengan Balok Ujung .....	67
Gambar 3. 13 <i>Cross Section</i> Sambungan Plat Sumber: J. C. Mejjia- McMaster, 1994) .....	67
Gambar 3. 14 Tampak Atas Sambungan Plat.....	67
Gambar 3. 16 Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat).....	68
Gambar 3. 18 Dua Titik Angkat pada Pelat Pracetak.....	80
Gambar 3. 19 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak.....	80
Gambar 3. 20 Pengangkatan pada Elemen Balok.....	81
Gambar 3. 21 Titik Angkat <i>Hollow Core Slab</i> .....	81
Gambar 4. 1 Denah Pembalokan Lantai 1-5.....	84
Gambar 4. 2 Denah Balok di Sekeliling Tipe Plat 1 .....	86
Gambar 4. 3 Tipe <i>Hollow Core Slab</i> yang digunakan.....	88
Gambar 4. 4 Potongan Melintang <i>Hollow Core Slab</i> .....	88
Gambar 4. 5 Kolom yang Memikul Beban Terbesar.....	89
Gambar 4. 6 Faktor Keutamaan Gempa .....	100
Gambar 4. 7 Grafik Respon Spektrum Jakarta .....	103
Gambar 4. 8 Faktor Pembesaran Torsi Ax .....	118
Gambar 4. 9 Ilustrasi Tebal Pelat Tangga .....	123
Gambar 4. 10 Ilustrasi Tampak Atas Tangga .....	123
Gambar 4. 11 Gaya Dalam Bidang N pada Tangga .....	127
Gambar 4. 12 Gaya Dalam Bidang D pada Tangga .....	127
Gambar 4. 13 Gaya Dalam Bidang M pada Tangga.....	128
Gambar 4. 14 Pelat Lantai Tinjau.....	135
Gambar 4. 15 Pengangkatan <i>Hollow Core Slab</i> .....	137
Gambar 4. 16 Distribusi Beban Pelat pada Balok Anak.....	139
Gambar 4. 17 Titik Angkat Balok Anak.....	154
Gambar 4. 18 Titik Angkat Balok Anak.....	158
Gambar 4. 19 Jenka PSA Short Inserts.....	163
Gambar 4. 20 Kait JL .....	164

Gambar 4. 21 Denah Lift.....	165
Gambar 4. 22 Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	166
Gambar 4. 23 Denah Balok Induk.....	170
Gambar 4. 24 Distribusi Beban pada Balok Induk.....	172
Gambar 4. 25 Titik Angkat Balok Induk.....	174
Gambar 4. 26 Jenka PSA Short Inserts.....	203
Gambar 4. 27 Kait JL.....	203
Gambar 4. 28Denah Kolom.....	205
Gambar 4. 29 Rasio Tulangan Kolom K1 pada SP Column.....	207
Gambar 4. 30 Diagram Interaksi Kolom K1.....	209
Gambar 4. 31 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Lt.1.....	210
Gambar 4. 32 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Lt.1.....	210
Gambar 4. 33 Penentuan gaya geser pada kolom.....	215
Gambar 4. 34 Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Atas dan Bawah $f_s = 1,25 f_y$ .....	217
Gambar 4. 35 Lokasi <i>Shear Wall</i> .....	224
Gambar 4. 36 Konfigurasi Penulangan Shearwall Pier 1.....	227
Gambar 4. 37 Diagram Interaksi P-M Shearwall Pier 1 Arah X.....	227
Gambar 4. 38 Rekapitulasi perhitungan special boundary element shearwall pier 3.....	231
Gambar 4. 39 Rekapitulasi perhitungan special boundary element shearwall pier 1.....	231
Gambar 4. 40 Rekapitulasi perhitungan special boundary element shearwall pier 5.....	232
Gambar 4. 41 Detail Sambungan Balok – Kolom.....	233
Gambar 4. 42 Detail Penulangan Konsol Pendek.....	234
Gambar 4. 43 Tampak Atas Pelat Basement Tipe A.....	252
Gambar 4. 44 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah.....	259
Gambar 4. 45 Momen Akibat Tekanan Tanah Horizontal.....	260
Gambar 4. 46 Grafik Daya Dukung Ijin Pancang Terhadap Kedalaman.....	270
Gambar 4. 47 Grup Tiang Pancang.....	272
Gambar 4. 48 Diagram Gaya Lateral Tiang.....	278
Gambar 4. 49 Grafik <i>Immediate Settlement of Isolate Footing</i> .....	280

Gambar 4. 50 grafik <i>Influence Value for Laterally Loaded Pile</i> .....	280
Gambar 4. 51 Grafik <i>Influence Value for Laterally Loaded Pile</i> .....	284
Gambar 4. 52 Area Kritis Geser Dua Arah Pondasi Kolom.....	291
Gambar 4. 53 Area Kritis Geser Pons Satu Arah .....	292
Gambar 4. 54 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu X) .....	294
Gambar 4. 55 Hasil ETABS momen Negatif arah X.....	294
Gambar 4. 56 Momen negatif arah X dari ETABS .....	295
Gambar 4. 57 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu Y) .....	297
Gambar 4. 58 Momen dari ETABS .....	297
Gambar 4. 59 Momen positif arah Y dari ETABS .....	297
Gambar 4. 60 Momen Negatif arah Y dari ETABS .....	298
Gambar 4. 61 Diagram Interaksi P-M .....	300
Gambar 4. 62 Spesifikasi Penulangan Sloof .....	301

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1Tinggi Minimum Balok.....	33
Tabel 3. 2 Koefisien $C_u$ .....	36
Tabel 3. 3 Koefisien $C_t$ dan $x$ .....	37
Tabel 3. 4 Simpang ijin struktur.....	38
Tabel 3. 5 Jenis dan Besar Beban Mati .....	40
Tabel 3. 6 Klasifikasi Situs.....	41
Tabel 3. 7 Kategori Risiko Bangunan .....	42
Tabel 3. 8 Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ) .....	42
Tabel 3. 9 Koefisien situs, $F_a$ .....	45
Tabel 3. 10 Koefisien situs, $F_v$ .....	45
Tabel 3. 11 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda Pendek, $S_{DS}$ .....	46
Tabel 3. 12 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda 1 detik, $S_{D1}$ .....	46
Tabel 3. 13 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya dinamis.....	54
Tabel 3. 14 Spesifikasi Hollow Core Slab .....	58
Tabel 3. 15 Modix Standard Coupler type by Peikko group .....	64
Tabel 3. 16Position Coupler by Peikko Group.....	65
Tabel 3. 17 Base Coefficient $\alpha$ .....	71
Tabel 3. 18 <i>Shaft Coefficient</i> $\beta$ .....	71
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	85
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak .....	86
Tabel 4. 3 Pembebanan pada Kolom Lantai Atap.....	90
Tabel 4. 4 Pembebanan pada Kolom Lantai 29-25 .....	91
Tabel 4. 5 Berat Kolom yang Digunakan.....	91
Tabel 4. 6 Pembebanan pada Kolom Lantai 24-20 .....	92
Tabel 4. 7 Berat Kolom yang Digunakan.....	92
Tabel 4. 8 Pembebanan pada Kolom Lantai 19-15 .....	93
Tabel 4. 9 Berat Kolom yang Digunakan.....	93
Tabel 4. 10 Pembebanan pada Kolom Lantai 14-10 .....	94
Tabel 4. 11 Berat Kolom yang Digunakan.....	94
Tabel 4. 12 Pembebanan pada Kolom Lantai 9-5 .....	95
Tabel 4. 13 Berat Kolom yang Digunakan.....	95

Tabel 4. 14 Pembebanan pada Kolom Lt. 4-1 .....	96
Tabel 4. 15 Berat Kolom yang digunakan .....	96
Tabel 4. 16 Rasio Selisih Pembebanan ETABS dan Manual .....	99
Tabel 4. 17 Perhitungan Data Tanah untuk Menentukan Kelas Situs .....	100
Tabel 4. 18 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain .....	101
Tabel 4. 19 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra .....	103
Tabel 4. 20 Modal Periode dan Frekuensi .....	105
Tabel 4. 21 Perhitungan Gaya Geser tiap Lantai .....	107
Tabel 4. 22 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS .....	108
Tabel 4. 23 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah <i>Scale Factor</i> .....	109
Tabel 4. 24 Kontrol Sistem Ganda .....	110
Tabel 4. 25 Jumlah Partisipasi Massa Dalam Menghasilkan Respon .....	110
Tabel 4. 26 Batas Simpangan Gedung .....	112
Tabel 4. 27 Kontrol Drift Arah X .....	113
Tabel 4. 28 Kontrol Drift Arah Y .....	114
Tabel 4. 29 Perhitungan Eksentrisitas Bawaan dari Pusat Kekakuan dan Pusat Masa Tiap Lantai .....	116
Tabel 4. 30 Perhitungan Pembesaran Torsi Arah X .....	118
Tabel 4. 31 Perhitungan Pembesaran Torsi Arah Y .....	120
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Tangga .....	133
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak .....	164
Tabel 4. 34 Perhitungan $M_{pr}$ Balok Induk .....	195
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (1) .....	203
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (2) .....	204
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (3) .....	204
Tabel 4. 38 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (4) .....	204
Tabel 4. 39 Gaya dalam pada kolom .....	206
Tabel 4. 40 Rekapitulasi Persyaratan Dimensi Kolom .....	206
Tabel 4. 41 Rekapitulasi Konfigurasi Tulangan Kolom .....	207
- Tabel 4. 42 $\phi M_{nx}$ kolom lantai 1 .....	210

- Tabel 4. 43 $\phi$ Mn <sub>x</sub> kolom lantai 2 .....	210
Tabel 4. 44 Rekapitulasi Kontrol “ <i>Strong Column Weak Beam</i> ” Arah X .....	211
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Kontrol “ <i>Strong Column Weak Beam</i> ” Arah Y .....	211
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Luas Penampang Hoops Berdasarkan SNI 2847:2013 .....	213
Tabel 4. 47 Rekapitulasi Spasi Tulangan Hoop Berdasarkan SNI 2847:2013 .....	214
Tabel 4. 48 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Lo pada Masing – Masing Tipe Kolom .....	214
Tabel 4. 49 Output program spColumn, ujung bawah kolom lt.1 .....	217
Tabel 4. 50 Output program spColumn, ujung atas kolom lt.1	218
Tabel 4. 51 Rekapitulasi Perhitungan Gaya Geser yang Digunakan .....	219
Tabel 4. 52 Rekapitulasi Pengecekan Kontribusi Beton Diabaikan atau Tidak .....	219
Tabel 4. 53 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Geser di Sepanjang Lo .....	220
Tabel 4. 54 Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Lewatan .....	222
Tabel 4. 55 Rekapitulasi Penulangan Kolom .....	223
Tabel 4. 56 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek .....	238
Tabel 4. 57 Rekapitulasi <i>Single-Sided Connection</i> .....	243
Tabel 4. 58 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (1) .....	244
Tabel 4. 59 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (2) .....	244
Tabel 4. 60 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (3) .....	245
Tabel 4. 61 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (4) .....	245
Tabel 4. 62 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (5) .....	246
Tabel 4. 63 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (6) .....	246
Tabel 4. 64 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> .....	249
Tabel 4. 65 Rekapitulasi Tulangan Pelat <i>Basement</i> .....	258
Tabel 4. 66 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 1 (Kolom) .....	263
Tabel 4. 67 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 2 .....	264
Tabel 4. 68 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 3 .....	264

Tabel 4. 69 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 4.....	265
Tabel 4. 70 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 5.....	265
Tabel 4. 71 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1..	272
Tabel 4. 72Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 2..	273
Tabel 4. 73Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 3..	273
Tabel 4. 74 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 4..	273
Tabel 4. 75 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 5..	274
Tabel 4. 76 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok .....	276
Tabel 4. 77 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 2 .....	276
Tabel 4. 78 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 3 .....	277
Tabel 4. 79 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 4 .....	277
Tabel 4. 80 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 5 .....	278
Tabel 4. 81 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 1 .....	281
Tabel 4. 82 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 2 .....	282
Tabel 4. 83 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 3 .....	282
Tabel 4. 84 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 4 .....	283
Tabel 4. 85 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 5 .....	283
Tabel 4. 86 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 1 .....	285
Tabel 4. 87 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 2 .....	285
Tabel 4. 88 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 3 .....	286
Tabel 4. 89 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 4 .....	286
Tabel 4. 90 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 5 .....	287
Tabel 4. 91 Pembebanan Pondasi Tipe 1.....	287
Tabel 4. 92 Pembebanan Pondasi Tipe 2.....	288
Tabel 4. 93 Pembebanan Pondasi Tipe 3.....	288
Tabel 4. 94 Pembebanan Pondasi Tipe 4.....	289

Tabel 4. 95 Pembebanan Pondasi Tipe 5.....289



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat. Peningkatan kebutuhan tersebut dapat dipenuhi apabila infrastruktur yang tersedia memadai. Tingginya pembangunan infrastruktur menyebabkan kesediaan lahan semakin berkurang. (H.C. Gewab,2012)

Tak terkecuali Jakarta, yang merupakan ibukota dari Indonesia. Dengan letaknya yang strategis Jakarta juga menjadi pusat bisnis. Hal ini menyebabkan maraknya terjadi urbanisasi. Banyak pendatang menjadikan Jakarta menjadi tempat untuk mengais rezeki sekaligus tempat tinggal ataupun tempat singgah dalam berbisnis. Hunian merupakan salah satu sarana dan prasarana yang sangat penting. Hal ini mengingat bahwa tempat tinggal merupakan salah satu kebutuhan wajib dipenuhi oleh setiap elemen masyarakat. (HC Gewab,2012)

Oleh karena itu, apartemen hadir memberikan solusi untuk permasalahan keterbatasan lahan yang mulai terjadi di kota Jakarta. Konsep dasar yang dimiliki apartemen ialah hunian vertikal. Hunian vertikal memiliki perbandingan jumlah penduduk yang menempati suatu lahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan hunian pada umumnya seperti perumahan. Dengan konsep hunian vertikal ini, kebutuhan lahan untuk tempat tinggal yang terus meningkat setiap tahunnya dan keterbatasan lahan tidak lagi menjadi masalah. Efektivitas yang tinggi dalam mengatasi permasalahan kebutuhan tempat tinggal seiring dengan keterbatasan lahan di kota Jakarta inilah yang membuat permintaan apartemen di kota Jakarta meningkat.

Seiring dengan meningkatnya permintaan apartemen, maka muncul pula tuntutan pekerjaan konstruksi apartemen yang cepat dan efisien. Kebutuhan akan bangunan bertingkat mendorong timbulnya kebutuhan akan suatu rancangan struktur yang

ekonomis, dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien tanpa mengurangi kekakuan antar komponen struktur bangunan (Tjahjono dan Purnomo, 2004). Dalam penerapannya, metode konstruksi yang umum digunakan pada bangunan struktur beton bertulang ada dua, yaitu cor di tempat (beton konvensional) dan pracetak. Pada beton konvensional, elemen struktur dicor langsung di lokasi dimana elemen tersebut akan diletakkan. Sedangkan pada beton pracetak elemen struktur dicor dahulu dipabrik dan kemudian dirakit di lokasi proyek.

Sehubungan dengan hal tersebut, metode beton pracetak merupakan alternatif yang dinilai tepat untuk diterapkan karena memiliki beberapa keunggulan. Beberapa keunggulan dari beton pracetak antara lain ialah kecepatan dalam proses pelaksanaan pembangunan proyek sehingga durasi proyek secara keseluruhan menjadi lebih pendek, tidak memerlukan jumlah pekerja yang banyak karena beton telah dicetak dipabrik terlebih dahulu, kualitas beton yang dihasilkan tinggi dan sesuai dengan mutu rencana karena dalam pembuatannya tidak dipengaruhi oleh faktor cuaca, memiliki dampak positif terhadap *scheduling* proyek terutama kemudahan dalam pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pengerjaan, tercapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangan, pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana, kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat, dan tidak membutuhkan tempat penyimpanan material terlalu luas (Ervianto, 2006). Selain itu, pekerjaan konstruksi dengan metode pracetak juga dapat meningkatkan efisiensi energi serta mendukung pelestarian lingkungan karena *waste material* yang dihasilkan dari metode pracetak lebih sedikit dibandingkan dengan metode beton konvensional atau yang biasa dikenal dengan beton cor di tempat (Adiasa, 2015). Teknologi beton pracetak ini tampil sebagai salah satu solusi untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi, menggantikan sistem konvensional. Efisiensi pada sistem pracetak ini tentu tidak berlaku umum dan tanpa kendala tergantung kasus yang dihadapi, tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa sistem ini efektif jika

diterapkan pada jenis pekerjaan yang sifatnya massal dan berulang (Warnes, C.E.,1992)

Desain untuk lantai dan atap pada sebuah struktur gedung juga memerlukan sebuah pertimbangan khusus. Ketebalan yang minimum dalam suatu elemen struktur menjadi salah satu faktor penentu dalam pembebanan gravitasi. Dengan adanya pengurangan terkait *cross section* dalam sebuah elemen struktur, diharapkan dapat mengurangi beban gravitasi struktur. Dalam hal ini, pengurangan *cross section* dari sebuah elemen untuk modifikasi gedung yang akan digunakan adalah *hollow core slab* yang mempunyai lubang longitudinal yang mempunyai fungsi utama untuk mengurangi berat beban untuk plat lantai (Islam M. Ezz El-Arab, 2017).

Tugas akhir ini membahas tentang modifikasi pembangunan gedung Apartemen 1 Park Avenue Jakarta menggunakan elemen pracetak pada balok induk , balok anak dan pelat *hollow core*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

### **1.2.1 Masalah Utama**

Bagaimana merencanakan ulang struktur Gedung 1 Park Avenue dengan menggunakan elemen pracetak ?

### **1.2.2 Detail Masalah**

Adapun detail permasalahan yang ditinjau dalam modifikasi perancangan struktur gedung 1 *Park Avenue* antara lain :

1. Bagaimana merencanakan dimensi dari beton pracetak ?
2. Bagaimana merencanakan elemen beton konvensional pada struktur primer yang meliputi kolom dan *shear wall*?
3. Bagaimana merencanakan pembebanan pada struktur ?
4. Bagaimana merencanakan elemen struktur sekunder meliputi balok anak, tangga dan balok lift ?

5. Bagaimana merencanakan sambungan pada elemen pracetak sesuai peraturan ?
6. Bagaimana merencanakan pondasi yang mampu menopang gedung ?
7. Bagaimana merencanakan struktur gedung beton tahan gempa di Kota Jakarta?
8. Bagaimana menggambarkan hasil perancangan dan modifikasi menjadi bentuk gambar Teknik dengan program bantu Autocad?

### **1.3 Tujuan Tugas Akhir**

#### **1.3.1 Tujuan Utama**

Tujuan utama perencanaan Gedung 1 *Park Avenue* adalah : Mampu merencanakan dan menetapkan elemen beton pracetak dalam pembangunan seluruh komponen struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.

#### **1.3.2 Tujuan Detail**

Tujuan detail perencanaan Gedung 1 *Park Avenue* Jakarta adalah :

1. Menentukan dimensi balok dan *hollow core slab* yang efisien.
2. Merencanakan elemen beton konvensional pada struktur primer yang meliputi kolom dan *shear wall*.
3. Merencanakan pembebanan pada struktur.
4. Merencanakan elemen struktur sekunder yang meliputi balok anak, tangga dan balok lift.
5. Merencanakan sambungan pada elemen beton pracetak sesuai dengan peraturan.
6. Merencanakan pondasi yang mampu menopang gedung.
7. Merencanakan struktur gedung beton tahan gempa di Kota Jakarta.

8. Menggambar hasil perancangan menjadi bentuk gambar Teknik dengan program bantu Autocad.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Perencanaan menggunakan teknologi beton pracetak pada elemen struktur (pelat dan balok) kecuali dinding geser, kolom, pelat basement dan tangga menggunakan sistem cor setempat (*cast in site*).
2. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi beton pracetak, segi analisis anggaran biaya dan manajemen konstruksi.
3. Perencanaan tidak meninjau utilitas bangunan, *mechanical, electrical, dan finishing*.
4. Tidak merencanakan dinding penahan tanah.
5. Menggunakan program bantu ETABS, AutoCad dan PCACOL.

#### **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Mampu merancang struktur gedung menggunakan metode pracetak dan *hollow core slab* yang memenuhi persyaratan keamanan konstruksi gedung.
2. Menambah wawasan penulis mengetahui perbandingan antara pembangunan gedung metode konvensional dengan metode pracetak

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Tinjauan pustaka ini akan membahas beberapa jurnal dan dasar teori menyangkut perencanaan Gedung 1 Park Avenue Jakarta secara umum dan dengan menggunakan beton pracetak secara khusus.

#### **2.2 Beton Pracetak**

Pada dasarnya, beton pracetak tidak jauh berbeda dengan beton konvensional atau yang biasa dikenal dengan beton cor di tempat (*cast in-situ*). Beton pracetak merupakan beton yang dibuat di pabrik atau di *ground floor* proyek yang kemudian di angkat untuk dipasang pada tempatnya (Wibowo, 2006). Dengan demikian, perbedaan utama antara beton pracetak dengan beton konvensional terletak pada pembuatan secara pabrikasi, penyatuan dan pemasangan, serta cara penyambungan antar komponen join (Abduh, 2007).

Sistem pracetak yang mulai populer akhir-akhir ini telah terbukti dapat diandalkan untuk menggantikan sistem konvensional (sistem yang dicor di tempat). Beton pada sistem konvensional relatif murah harganya dan tidak memerlukan perawatan, tetapi diperlukan biaya cetakan dan pengecoran serta tidak dapat langsung dibebani, karena harus menunggu umur beton. Guna mengatasi kekurangan ini digunakan beton sistem pracetak, yaitu beton yang dibuat dipabrik atau di *ground floor* proyek yang kemudian diangkat untuk dipasang pada tempatnya. Namun perlu diingat bahwa sistem struktur pracetak ini baru efektif dan efisien bila diterapkan pada pekerjaan yang sifatnya berulang dan masal. (Leonardus, 2011).

Perencanaan gedung 1 *Park Avenue* Jakarta pada kondisi sebenarnya dirancang menggunakan metode konvensional dengan ketinggian 29 lantai. Dalam studi ini, gedung tersebut akan dilakukan perancangan menggunakan metode pracetak. Perhitungan beton pracetak pada umumnya sama dengan



perhitungan bangunan beton konvensional pada umumnya. Beton pracetak mempunyai keuntungan dan kerugian. Keuntungan pada sistem pracetak adalah sebagai berikut:

1. Sistem struktur beton pracetak merupakan salah satu alternatif teknologi dalam perkembangan konstruksi di Indonesia yang bisa dilakukan dengan lebih terkontrol, lebih ekonomis, serta mendukung efisiensi waktu, efisiensi energi, dan mendukung pelestarian lingkungan (Nurjannah, 2011)
2. Sistem tersebut cocok digunakan pada bangunan modular, seperti rumah susun, asrama, rumah toko, ataupun kantor (Nurjannah, 2011)
3. Lendutan yang dihasilkan oleh balok konvensional menunjukkan lebih besar dibandingkan dengan lendutan yang dihasilkan oleh balok *precast* dengan sambungan sistem *double splices middle wet joint* (A.Rudi Hermawan, Eka 2013)
4. Kontrol kualitas untuk elemen beton pracetak lebih mudah dilakukan pada saat pembuatan di pabrik daripada di lokasi proyek (Neetu, 2013)
5. Waktu penyelesaian pelaksanaan konstruksi pada saat cuaca yang kurang mendukung dapat diminimalkan (Neetu, 2013)
6. Penempatan posisi sambungan pada balok yang dekat dengan muka kolom dapat membentuk komponen balok kolom pracetak yang dihasilkan akan menjadi lebih sederhana sehingga pekerjaan, penanganan, pemindahan, dan ereksi dapat dilakukan dengan lebih mudah dan cepat (Iswandi Imran dan Kamaludin Hanafiah, 1998)
7. Penggunaan sambungan mekanis untuk penyambungan tulangan utama dapat memperkecil kebutuhan panjang daerah sambungan pracetak (dibandingkan dengan panjang daerah yang dibutuhkan jika digunakan jenis sambungan lewatan pada beton konvensional) (Iswandi Imran dan Kamaludin Hanafiah, 1998)
8. Nilai daktilitas pada beton pracetak relatif stabil dan mampu menahan *drift ratio* yang tinggi, sehingga dapat diandalkan

pada sistem struktur yang direncanakan dengan tingkat daktilitas terbatas (Iswandi Imran dan Kamaludin Hanafiah, 1998)

Kerugian pada system pracetak adalah sebagai berikut:

1. Penanganan yang akurat komponen prefabrikasi seperti panel beton atau baja dan panel kaca diperlukan. (Neetu,2013)
2. Adanya pertimbangan khusus yang harus diberikan pada kekuatan dan ketahanan korosi dari penggabungan bagian prefabrikasi untuk menghindari kegagalan sambungan. (Neetu,2013)
3. Biaya transportasi yang lebih tinggi untuk beton pracetak dengan volume yang besar, apabila dibandingkan dengan biaya transportasi material beton yang juga lebih mudah dalam pengemasannya. (Neetu,2013)
4. Elemen beton pracetak yang besar membutuhkan crane berat serta pengukuran dan penanganan presisi untuk diletakkan pada posisinya (*erection*). (Neetu,2013)
5. Dimensi elemen pracetak yang semakin besar memerlukan sistem pengangkatan dengan alat *crane* dan memerlukan pengukuran pengangkatan yang presisi. (Neetu, 2013)

Menurut Wahyudi dan Hanggoro (2010), desain beton pracetak tidak jauh berbeda dengan beton konvensional, beban-beban yang diperhitungkan sama, faktor-faktor koefisien yang digunakan pun juga sama. Hanya saja, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

- a. Desain pracetak memperhitungkan kondisi pengangkatan beton saat umur beton belum mencapai 24 jam. Apakah dengan kondisi beton yang sangat muda saat diangkat akan terjadi retak (*crack*) atau tidak. Di sini dibutuhkan analisa desain tersendiri, dan tentunya tidak pernah diperhitungkan saat menganalisa beton secara konvensional.
- b. Desain pracetak memperhitungkan metode pengangkatan, penyimpanan beton pracetak di *stockyard*, pengiriman beton pracetak, dan pemasangan beton pracetak di proyek. Kebanyakan beton pracetak dibuat di pabrik.
- c. Pada desain pracetak menambahkan desain sambungan. Desain sambungan di sini, didesain lebih kuat dari yang disambung.

### 2.3 Sistem Struktur Gedung

Ada beberapa sistem struktur yang umum digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung yang tercantum pada SNI 1726:2012. Sistem tersebut yaitu Sistem dinding penumpu, Sistem Rangka Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen, Sistem Ganda dengan rangka pemikul momen khusus maupun menengah, sistem interaktif dinding geser-rangka, dan sistem kolom kantilever. Pada gedung apartemen 1 Park Avenue digunakan system ganda dengan rangka pemikul momen yang mampu menahan gaya gempa yang ditetapkan disertai juga disesuaikan dengan zona gempa yang terdapat pada lokasi gedung tersebut.

Struktur sistem ganda adalah gabungan antara rangka pemikul momen dengan shear wall yang dapat bekerja bersamaan dalam menahan beban gempa. Pada system ganda, beban lateral ( $V$ ) dipikul Bersama oleh dinding struktur dan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) secara proporsional berdasarkan kekakuan relative masing-masing tetapi juga memperhitungkan interaksi kedua system disemua tingkat. Selain itu, untuk pengamanan terhadap keruntuhan, rangka penahan momen harus didesain secara tersendiri mampu menahan sedikitnya 25% dari  $V$ .

Sistem rangka akan menerima sedikitnya 25% dari gaya lateral yang bekerja dan shear wall akan menerima paling banyak 75% dari gaya lateral yang bekerja, untuk dapat memenuhi syarat tersebut maka kita harus mendesain agar perilaku struktur dapat sesuai dengan syarat yang ditentukan. Dengan besarnya gaya lateral yang mampu diterima oleh shearwall, maka dimensi rangka utama dapat diperkecil sehingga perancangan struktur bias lebih efisien dan ekonomis. (Wulandari, 2006)

## **2.4 Elemen Struktur Beton Pracetak**

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

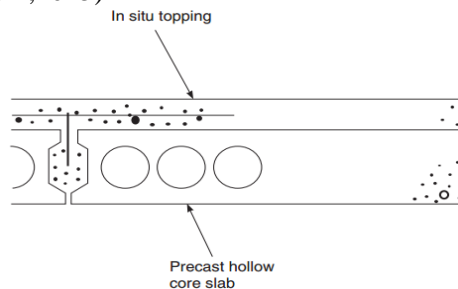
### **2.4.1 Pelat Pracetak**

Pada elemen pelat pracetak, secara garis besar terdapat empat macam pelat pracetak yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

#### **a. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)**

Sejak awal tahun delapan puluhan, plat beton dengan penampang celah non-circular, telah banyak digunakan secara bertahap. Hal tersebut merupakan salah satu teknik konstruksi yang mudah dan cepat. Plat pracetak menjadi banyak digunakan akhir abad dua puluh untuk mendapatkan konstruksi cepat dengan kualitas tinggi. Penggunaan plat pracetak berupa prestressed hollow core slab, semakin banyak digunakan di gedung-gedung industri dan gedung perkantoran. Sehingga bentang panjang pada suatu struktur terbuka dapat direncanakan dengan jarak antar kolom sebesar 10 m hingga 17 m. Sebagai akibatnya hollow core slab dirancang untuk menahan beban yang lebih tinggi dan untuk mendukung bentang yang lebih panjang. (M.Ezz Islam, 2017).

Hollow core slab merupakan salah satu elemen beton pracetak, yang menggunakan sistem beton pratekan. Tak hanya itu adanya celah menerus pada plat dapat digunakan untuk mengurangi berat sendiri plat dan biaya pelaksanaan konstruksi. Plat ini terbuat dari beton berkualitas tinggi yang merupakan salah satu elemen pra fabrikasi dengan proporsi rongga yang lebih besar. Dalam praktek biasanya hollow core slab disambungkan dengan elemen struktur lain menggunakan senyawa grouting. Berbeda dengan beton konvensional, pelat hollow core slab memiliki banyak keuntungan, seperti menghemat bahan, kecepatan pemasangan, menurunkan biaya konstruksi bangunan, memiliki tingkat kualitas pelat yang konsisten, ketahanan api yang baik, dan sifat isolasi suara. Sebagai tambahannya hollow core slab dapat diaplikasikan pada bentang panjang dan dengan ketebalan yang minimum. Hollow core slab dapat menggunakan strand pratekan, dengan ketebalan plat sebesar antara 400 dan 500 mm, dengan bentang 14 hingga 18 meter dengan lebar standar 900 mm dan 1200 mm yang biasanya digunakan dalam praktek lapangan. (Simasathiem,2015)



Gambar 2. 1 *Hollow Core Slab*

Sumber: Elliott, 2002

Adanya lubang di bagian tengah untuk menurunkan berat badan tanpa mengurangi kapasitas lenturnya. Jadi precast ini relatif lebih ringan dari solid slab bahkan pada saat pre-stressing kapasitasnya dukungngya lebih besar.

Keberadaan lubang pada lempengan sangat bermanfaat, jika diaplikasikan pada bangunan tinggi karena mengurangi beratnya lantai. Untuk lempengan padat, tebal 120 mm memiliki berat sendiri sekitar 288 Kg/m<sup>2</sup>, berat tersebut hampir sama dengan berat beban untuk kantor yaitu 300 Kg/m<sup>2</sup>. Berat sebesar 288 Kg/m<sup>2</sup> hanya untuk mendukung pembebanan tetap saja. Oleh karena itu, berat tersebut tersebut akan menjadi penyumbang utama gaya lateral. (Jermias Tjakra, Pingkan A. K. Pratasias, 2016)



Gambar 2. 2 Pelat Pracetak *Hollow Core Slab*

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

b. *Solid Flat Slab*

*Solid flat slab* atau pelat pracetak tanpa lubang ini lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungannya adalah lebih mudah dalam proses penyimpanan karena tidak memakan banyak tempat. *Solid flat slab* bisa berupa pratekan atau beton bertulang pada umumnya dengan ketebalan dan lebar bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 kaki.

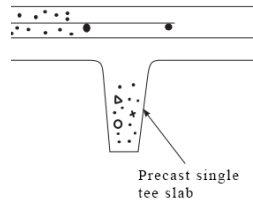


Gambar 2. 3 *Solid Flat Slab*

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

c. Pelat Pracetak *Single Tee*

*Single tee precast slab* merupakan pelat modifikasi dari *solid flat slab* dimana pada pelat ini terdapat kaki vertikal yang membentuk profil 'T'. Kelebihan utama dari pelat *single tee* ialah dapat memikul beban yang lebih berat dibandingkan dengan *solid flat slab* pada bentang yang panjang (Hogan, 2013).

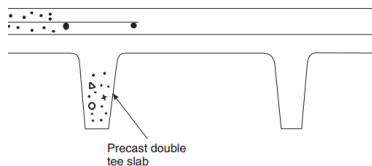


Gambar 2. 4 Pelat Pracetak *Single Tee*

Sumber: Elliott, 2002

d. Pelat Pracetak *Double Tees*

*Double tees precast slab* merupakan pelat modifikasi dari *solid flat slab* dan perkembangan dari *single tee slab* dimana pada pelat ini terdapat dua kaki vertikal yang membentuk dua profil ‘T’. Kelebihan utama dari pelat *double tees* ialah dapat memikul beban yang lebih berat dibandingkan dengan *single tee* pada bentang yang lebih panjang meskipun dengan ketebalan yang lebih besar (Hogan, 2013).



Gambar 2. 5 Pelat Pracetak *Double Tees*

Sumber: Elliott, 2002

### 2.4.2 Balok Pracetak

Balok merupakan batang lentur horizontal yang membentang dari satu kolom ke kolom yang lain. Balok memikul beban pelat dan berat sendiri. Selain itu, balok juga berfungsi untuk memikul beban-beban lain yang bekerja pada struktur tersebut. Balok dapat diproduksi dengan berbagai bentang dan macam bentuk penampang. Hal yang mempengaruhi penentuan bentuk penampang balok ialah sistem yang akan digunakan, misalnya sistem sambungan antara balok dengan pelat lantai, sistem

sambungan antara balok dengan kolom (Ervianto, 2006). Untuk balok pracetak, ada tiga jenis balok yang umum digunakan, yaitu:

a. Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*)

Menurut Sianturi (2012), balok dengan penampang persegi memiliki beberapa keuntungan, yaitu proses pelaksanaan pabrikasi yang lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis serta tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.

Pada umumnya bentuk balok beton bertulang yang sering dipakai adalah berpenampang persegi. Balok dengan penampang persegi lebih mudah dalam mendesainnya maupun dalam pelaksanaan di lapangan. Akan tetapi apabila memperhatikan persamaan-persamaan untuk menghitung kekuatan balok dalam menahan beban lentur, diperoleh kenyataan bahwa dimensi lebar balok 'b' hanya memberikan kontribusi terhadap tegangan tekan (C) di atas garis netral balok. Sedangkan di bawah garis netral, tegangan tarik balok (T) tidak tergantung pada lebar balok 'b' (Vera A. Noorhidana, 2009)



Gambar 2. 6 *Rectangular Beam*

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

b. Balok Berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



Gambar 2. 7 *L-Shaped Beam*

Sumber: PCI Design Handbook, 2004



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

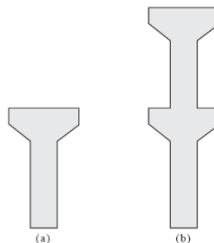


Gambar 2. 8 *Inverted Tee Beam*

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

### 2.4.3 Kolom Pracetak

Kolom merupakan batang tekan vertikal dari rangka struktur yang mempunyai fungsi meneruskan beban dari lantai-lantai di atasnya. Oleh karena pada kolom didominasi gaya normal yang bekerja, maka secara teknis kolom juga dapat diproduksi secara pracetak. Jenis kolom yang dapat diproduksi secara pracetak didasarkan pada beberapa hal, yaitu ketinggian bangunan, metode ereksi yang akan digunakan serta kemampuan angkat dari alat bantu atau *tower crane*. Kolom pracetak dapat diproduksi tanpa menyambung atau dengan sambungan. Menurut Ervianto (2006), apabila suatu bangunan memiliki ketinggian dibawah 30 meter, maka penggunaan kolom menerus masih memungkinkan. Namun, untuk bangunan dengan ketinggian lebih dari 30 meter, sebaiknya digunakan kolom dengan sambungan. Dua jenis kolom pracetak yang paling umum digunakan ialah kolom *single storey* serta kolom *multi storey*.



Gambar 2. 9 (a) *Single Storey* dan (b) *Multi Storey Column*  
 Sumber: Brosur Sarawak Consolidated Industries Berhad, 2017

## 2.5 Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser merupakan struktur kaku yang digunakan untuk menahan gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Menurut Imran dan Hendrik (2014), dinding geser yang kaku pada bangunan dapat menyerap sebagian besar beban gempa. Ada beberapa tipe dinding geser, yaitu:

- a. *Flexural Wall* (Dinding Langsing)  
Dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \geq 2$ , dimana desainnya dikontrol oleh perilaku lentur.
- b. *Squat Wall* (Dinding Pendek)  
Dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \leq 2$ , dimana desainnya dikontrol oleh perilaku geser.
- c. *Coupled Shear Wall* (Dinding Berangkai)  
Momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Untuk bangunan dengan jumlah lantai lebih dari 10, dinding geser sangat efektif untuk digunakan karena dapat memperkecil dimensi dan jumlah tulangan yang diperlukan pada kolom. Dengan memperbesar dimensi dinding geser, maka akan membuat dinding geser dapat menerima gaya horizontal yang lebih besar dan penempatan yang tepat dapat mengurangi pergerakan struktur saat terjadi gempa bumi (Chandurkar dan Pajgade, 2013).

## 2.6 Sambungan Beton Pracetak

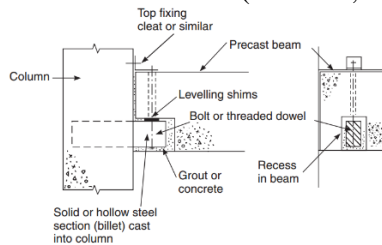
Elemen yang berperan sangat penting dalam desain konstruksi bangunan tahan gempa ialah sambungan. Keruntuhan bangunan akibat gempa terjadi pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit sehingga lemah dalam menahan beban gempa. Agar bangunan memiliki performa yang baik saat menerima beban gempa, maka harus dipenuhi syarat sambungan balok kolom. Sambungan balok – kolom menempati fungsi yang sangat kritis, karena mekanisme respon struktur terhadap beban

terjadi pada penyaluran gaya-gaya dari balok ke kolom-kolom bangunan (Indrayana, 2013).

Secara umum, ada dua jenis sambungan yang biasa digunakan dalam sistem beton pracetak, yaitu sambungan kering (*dry connection*) dan sambungan basah (*wet connection*) (Ervianto, 2006). Untuk sambungan kering dapat digunakan sambungan dengan baut maupun sambungan dengan las. Sementara untuk sambungan basah merupakan sambungan dengan cor langsung di tempat.

### 1.6.1 Sambungan Kering dengan Menggunakan Baut

Metode penyambungan jenis ini dilakukan dengan memberikan pelat baja pada ujung-ujung kedua elemen beton pracetak yang akan disambung. Pelat baja tersebut ditanam masuk pada daerah tulangan dan dicor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Pelat baja dari kedua komponen tersebut disatukan menggunakan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Untuk menghindari terjadinya korosi pada pelat baja, setelah proses penyambungan selesai dilakukan maka pelat baja tersebut ditutup dengan adukan semen beton (Ervianto, 2006).



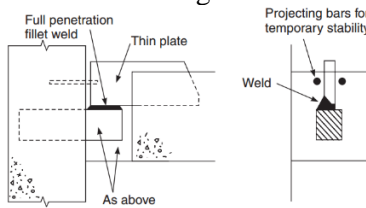
Gambar 2. 10 Sambungan Menggunakan Baut

Sumber: Elliott, 2002

### 1.6.2 Sambungan Kering dengan Menggunakan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan pelat baja (pelat sisip) yang ditanam masuk pada daerah tulangan dan ditempatkan pada ujung-ujung beton yang akan disatukan, kemudian di cor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Fungsi dari pelat baja ini adalah untuk meneruskan gaya-gaya sehingga pelat baja ini harus

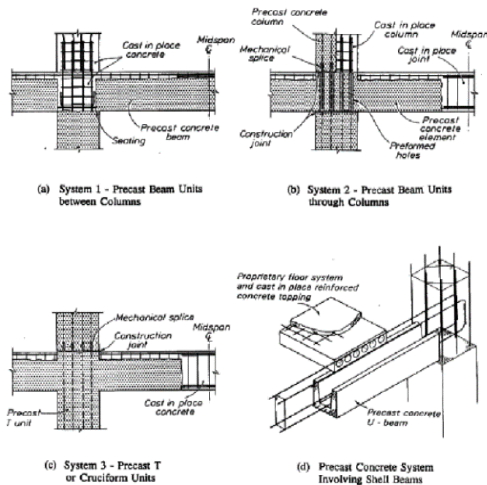
benar-benar menyatu dengan material betonnya (Ervianto, 2006). Untuk menyatukan antar pelat sisip dari beton yang akan disambung digunakan pelat baja (pelat sambung) yang dilas ke pelat sisip. Setelah dilas, pelat disambung tersebut kemudian ditutup dengan menggunakan adukan beton. Hal ini dilakukan untuk melindungi pelat penyambung tersebut dari korosi yang membahayakan kekuatan sambungan.



Gambar 2. 11 Sambungan Menggunakan Las  
Sumber: Elliott, 2002

### 1.6.3 Sambungan Basah dengan Cor di Tempat

Metode penyambungan jenis ini menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung antar komponen beton pracetak. Komponen beton pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan komponen satu dengan yang lain. Sambungan jenis ini lebih sering digunakan dalam pelaksanaan beton pracetak karena menghasilkan struktur yang lebih kaku jika dibanding dengan menggunakan sambungan jenis lain. Selain itu sambungan jenis ini lebih mudah untuk dikerjakan dilapangan (Ervianto, 2006).



Gambar 2. 12 Sambungan Balok – Kolom dengan Cor di Tempat  
Sumber: Prasetya, 2018

## 1.7 Pengangkatan dan Metode Ereksi Beton Pracetak

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

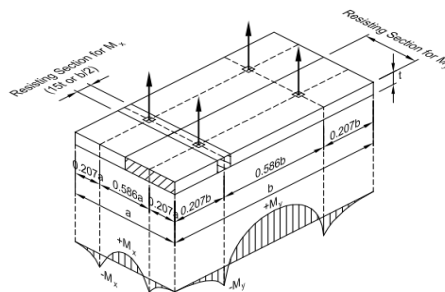
### 1.7.1 Pengangkatan Elemen Beton Pracetak

Proses pengangkatan beton pracetak merupakan hal yang tidak kalah penting untuk diperhatikan karena kesalahan sedikit dapat mengakibatkan keretakan pada beton itu sendiri. Titik pengangkatan harus ditinjau sedemikian rupa untuk menjaga keseimbangan gaya tegangan beton pada saat diangkat.

#### a. Pengangkatan Pelat Pracetak

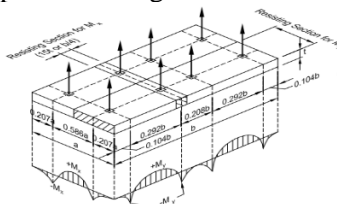
Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut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

- Empat Titik Angkat



Gambar 2. 13 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak  
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

- Delapan Titik Angkat



Gambar 2. 14 Delapan Titik Angkat pada Pelat Pracetak  
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

- b. Pengangkatan Balok Pracetak

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

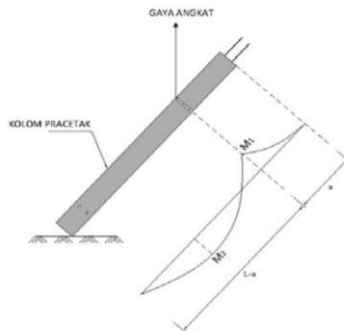


Gambar 2. 15 Pengangkatan Balok Pracetak

Sumber: Brosur Beta Concrete Plant & Lifting Equipment, 2018

c. Pengangkatan Kolom Pracetak

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



Gambar 2. 16 Pengangkatan pada Elemen Kolom  
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

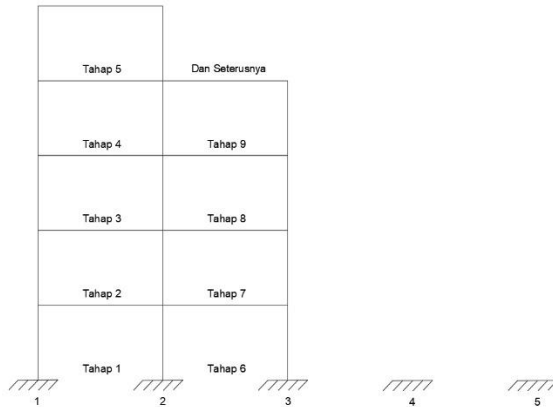
### 1.8 Metode Ereksi Beton Pracetak

Metode ereksi merupakan proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh. Metode yang dapat digunakan dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertikal dan metode horizontal (Ervianto, 2006).

#### a. Metode Vertikal

Ereksi dengan metode vertikal adalah kegiatan penyatuan komponen beton pracetak yang dilaksanakan pada arah vertikal struktur bangunan yang mempunyai kolom menerus dari lantai dasar hingga lantai paling atas, yang dengan cara demikian maka sambungan-sambungan pada lantai di atasnya harus dapat segera bekerja secara efisien. Contohnya ialah komponen beton pracetak yang berbentuk panel atau dinding disebut *tilt-up construction*. Pemasangan komponen ini termasuk metode vertikal karena sambungan-sambungannya harus segera dapat berfungsi secara efektif.





Gambar 2. 17 Metode Ereksi Arah Vertikal  
Sumber: Ervianto, 2006

b. Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses ereksi yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk pengerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah *in-situ concrete joint*.



Gambar 2. 18 Metode Ereksi Arah Horizontal

Sumber: Ervianto, 2006

## 1.9 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*). Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Menurut Sosrodarsono dan Nakazawa (2000), pondasi dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*).

### 1.9.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Syarat pondasi dangkal ialah:

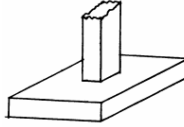
- $D / B \leq 1$
- Lapisan tanah keras berada di dekat permukaan tanah

Ada beberapa macam dari pondasi dangkal, yaitu:

#### a. Pondasi Telapak (*Isolated Footing*)

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. Sistem kerja pondasi ini menerapkan sistem tanam

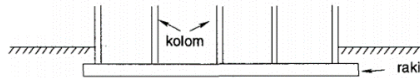
sehingga pondasi telapak ini menahan kolom yang tertanam di dalamnya agar tidak masuk dalam tanah.



Gambar 2. 19 Pondasi Telapak  
Sumber: Gunawan, 1991

b. Pondasi Rakit (*Raft Foudation*)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan antar kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya.



Gambar 2. 20 Pondasi Rakit  
Sumber: Hardiyatmo, 1996

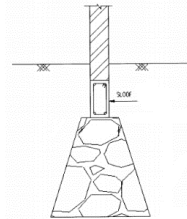
c. Pondasi Rollag Bata

Rollag bata merupakan pondasi sederhana yang fungsinya bukan menyalurkan beban bangunan, melainkan untuk menyeimbangkan posisi lantai agar tidak terjadi ambles pada ujung lantai. Pondasi ini biasanya digunakan untuk membuat teras rumah, fungsinya hampir sama dengan sloof gantung namun rollag bata tidak sekuat sloof gantung dan tidak semahal sloof gantung.

d. Pondasi Batu Kali

Pondasi batu kali merupakan pondasi penahan dinding yang digunakan pada bangunan sederhana. Pondasi ini terdiri dari batu kali dan perekat yang berupa campuran

pasir dan semen. Biasanya campuran agregat untuk merekatkan batu kali ini menggunakan perbandingan 1:3 karena batu kali akan selalu menerima rembesan air yang berasal dari tanah.



Gambar 2. 21 Pondasi Batu Kali  
Sumber: Pamungkas dan Harianti, 2013

### 1.9.2 Pondasi Dalam

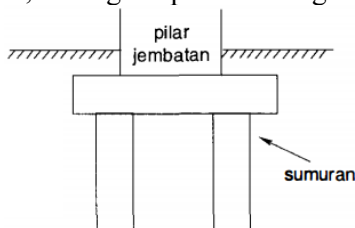
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan. Syarat pondasi dalam ialah:

- $D / B \geq 4$
- Lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah

Ada beberapa macam dari pondasi dangkal, yaitu:

#### a. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebar ( $B$ ) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$ .

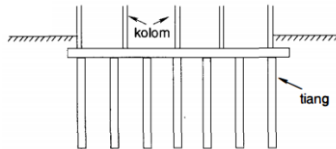


Gambar 2. 22 Pondasi Sumuran

Sumber: Hardiyatmo, 1996

b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.



Gambar 2. 23 Pondasi Tiang

Sumber: Hardiyatmo, 1996

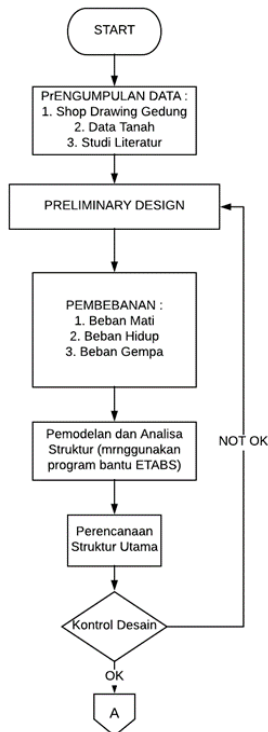
## BAB III METODOLOGI

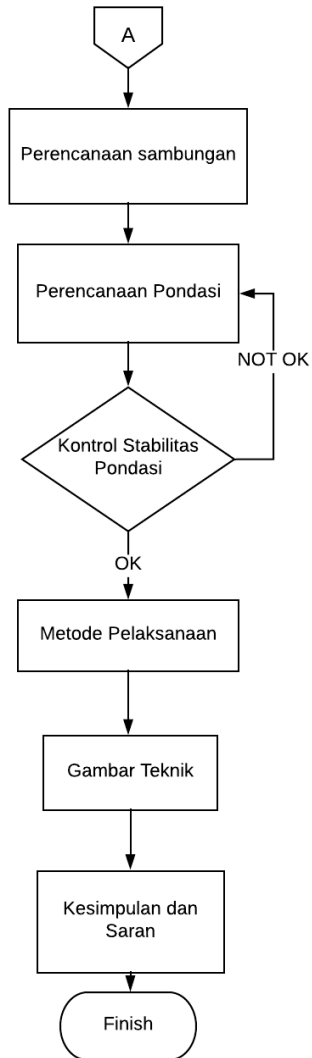
### 3.1 Umum

Perencanaan gedung apartemen 1 Park Avenue menggunakan metode beton pracetak tentunya harus memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data sampai gambar teknik pada akhirnya.

### 3.2 Bagan Alir Perencanaan

Lingkup pekerjaan yang akan dilaksanakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini akan diterangkan sesuai bagan alir pada Gambar 3.1 di bawah ini:





Gambar 3. 1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.3 Pengumpulan Data

#### 3.3.1 Data Awal

- Nama gedung : Gedung Apartemen 1  
*Park Avenue*
  - Lokasi : Jl. Kyai Moh. Syafii  
Hadzami No. 110 RT.01 RW.10 Kramat Pela, Kby.  
Lama Jakarta Selatan 12440
  - Fungsi : Gedung Apartemen  
(hunian)
  - Jumlah lantai : 29
  - Ketinggian Tiap Lantai
    - Basement 1 : 4.85 m
    - Basement 2-4 : 3 m
    - Lantai 1 : 5.4 m
    - Lantai 2-29 : 3.6 m
  - Tinggi bangunan : 107.25 m
  - Total luas area : -
  - Struktur utama : Struktur beton bertulang
1. Data Bahan
    - Kekuatan tekan beton ( $f_c'$ ) : - MPa
    - Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : - MPa
    - Data Tanah : -
  2. Data Gambar
    - Gambar Struktur : (Lampiran)
    - Gambar arsitektur : (Lampiran)

#### 3.3.2 Data Modifikasi

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

1. Data Umum Bangunan
  - Nama gedung : Gedung Apartemen 1  
*Park Avenue*



- Lokasi : Jl. Kyai Moh. Syafii Hadzami No. 110 RT.01 RW.10 Kramat Pela, Kby. Lama Jakarta Selatan 12440
  - Fungsi : Gedung apartemen
  - Jumlah lantai : 29
  - Ketinggian Tiap Lantai
    - Lantai 1 (*Basement*): 4 m
    - Lantai 2-29 : 4 m
  - Tinggi bangunan : 120 m
  - Total luas area : -
  - Struktur utama : Struktur beton pracetak
2. Data Bahan
    - Kekuatan tekan beton ( $f'c$ ) : 45 MPa
    - Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : 400 MPa
    - Data Tanah : -
  3. Data Gambar
    - Gambar Struktur : (Lampiran)
    - Gambar arsitektur : (Lampiran)

### 3.4 Studi Literatur

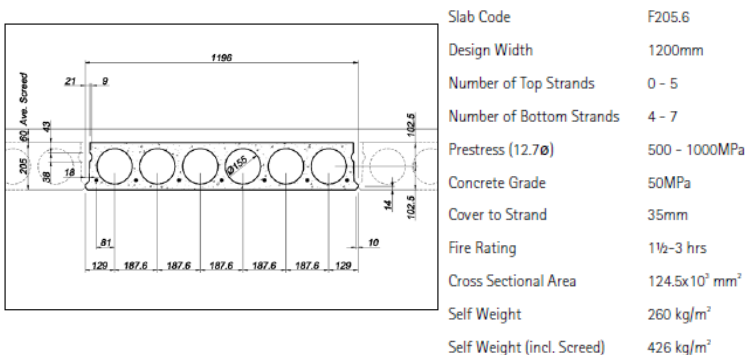
Dalam modifikasi perencanaan struktur gedung 1 *Park Avenue* Jakarta, digunakan beberapa peraturan atau standarisasi yang berlaku, yakni sebagai berikut :

1. SNI 2847:2013 tentang persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1727:2013 tentang beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1726:2017 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung
4. PPIUG 1983
5. *PCI Design Handbook Precast and Prestress Concrete 6<sup>th</sup> Edition*
6. *Hollow Core Concrete Detailing Manual*

### 3.5 Preliminary Design

#### 3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Perencanaan pelat menggunakan pelat pracetak tipe *Hollow Core Slab*, maka tebal pelat menggunakan tebal 200 mm dengan lebar 1200 mm sesuai dengan *Hollow Core Concrete Detailing Manual* dan panjang sesuai dengan jarak antar balok yang direncanakan yaitu 8000 mm. Mutu beton yang digunakan 50 MPa dengan kekuatan tendon prategang  $\phi$  12.7 mm.



Gambar 3. 2 Cross Section hollow core slab  
(Sumber: *Hollow Core Concrete Detailing Manual*.)

#### 3.5.2 Perencanaan Dimensi Balok

Untuk menentukan ukuran tinggi balok, baik balok anak maupun utama direncanakan dimensi tinggi balok awal berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 pada table 9.5 (a). Lebar balok ditentukan 2/3 dari tinggi balok ( $h_{min}$ ).

Tabel 3. 1 Tinggi Minimum Balok

Komponen Struktur	Syarat	Tertumpu sederhana
Balok atau pelat rusuk satu arah	$f_y = 420$ MPa	$h_{min} = \frac{l}{16}$
	selain $f_y = 420$ MPa	$h_{min} = \frac{l}{16} (0.4 + \frac{f_y}{700})$

	$wc = 1440 - 1840 \frac{Kg}{m^3}$	$h_{min} = \frac{l}{16} (1.65 - 0.0003wc)$
--	-----------------------------------	--

Sumber : SNI 2847:2013

Dimana :

$h_{min}$  = Tinggi balok

L = Panjang Balok

### 3.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Ukuran kolom ditentukan berdasarkan beban tekan aksial yang dipikul berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 dengan rumus :

$$A_{perlu} = \frac{3w}{\phi f'c}$$

Keterangan:

A = Luas penampang kolom yang dibutuhkan ( $mm^2$ )

W = Total beban yang menumpu kolom

$\phi$  = faktor reduksi = 0.65

### 3.5.4 Perencanaan Balok Anak

Pelat sebagai elemen yang paling awal menerima beban kemudian akan mendistribusikan beban ke balok anak. Beban yang diterima balok anak akan dihitung sebagai beban ekuivalen trapesium.

Dari beban yang dipikul oleh balok anak tersebut akan digunakan untuk menghitung gaya dalam. Gaya dalam tersebut digunakan untuk perhitungan penulangan lentur dan geser. Penentuan dimensi awal balok anak sama dengan balok utama yaitu mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 pada tabel 9.5 (a).

### 3.5.5 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga dimulai dengan menghitung lebar dan tinggi injakan pada tangga, dengan syarat sebagai berikut :

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

Keterangan:

t = Tinggi injakan

i = Lebar injakan

Sudut kemiringan pada tangga ( $\alpha$ ) harus dikontrol, yakni sebesar 25-40. Perencanaan tebal pelat tangga ditentukan sesuai dengan persyaratan perhitungan dimensi sebelumnya. Kemudian menentukan beban mati dan beban hidup yang akan bekerja pada injakan dan plat bordes. Setelah dilakukan analisis pembebanan pada kedua elemen tersebut, akan diperoleh momen maksimum dan reaksi yang bekerja pada kedua perletakan atau tumpuan sederhana. Dari perolehan momen maksimum di tengah bentang, perhitungan selanjutnya adalah penulangan utama dan penulangan sekunder pada injakan dan plat bordes.

### **3.5.6 Perencanaan Dinding Geser**

Bedasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm.

## **3.6 Permodelan dan Pembebanan dengan Analisa Struktur**

### **3.6.1 Penggunaan Analisa Struktur**

Analisa struktur utama menggunakan program bantu analisa struktur ETABS untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur. Namun demikian, tetap diperlukan kontrol dalam permodelan struktur agar mendekati keadaan di lapangan.

### **3.6.2 Perhitungan Gaya Dalam**

Untuk memperoleh gaya dalam pada analisa struktur menggunakan program bantu ETABS, diperlukan *input* data berupa:

- Bentuk dan koordinat gedung
- Spesifikasi kekuatan material beton yang digunakan
- Pembebanan struktur
- Kombinasi pembebanan
- Respon spektrum gempa sesuai wilayah didirikannya gedung

### 3.6.3 Kontrol Permodelan Struktur

Permodelan yang dibuat harus memenuhi beberapa kriteria di bawah agar gaya gempa yang terjadi pada permodelan dapat digunakan saat perencanaan.

#### 3.6.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, nilai partisipasi massa harus sekurang-kurangnya mencapai 90% dari massa aktual struktur. Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami suatu struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah horizontal-orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

#### 3.6.3.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur (SNI 1726:2012 pasal 7.8.2)

Periode fundamental struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 3.2 dan periodan fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1. Sebagai alternative pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1.

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

dimana:

$h_n$  = ketinggian struktur (m)

$C_t$  = koefisien yang ditentukan dari **Tabel 3.2**

$x$  = koefisien yang ditentukan dari **Tabel 3.3**

Tabel 3. 2 Koefisien  $C_u$

Parameter percepatan	Koefisien $C_u$
-------------------------	--------------------

respons spectral desain pada 1 detik, <i>SDI</i>	
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7

(SNI 1726:2012, Tabel 14)

Tabel 3. 3 Koefisien  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

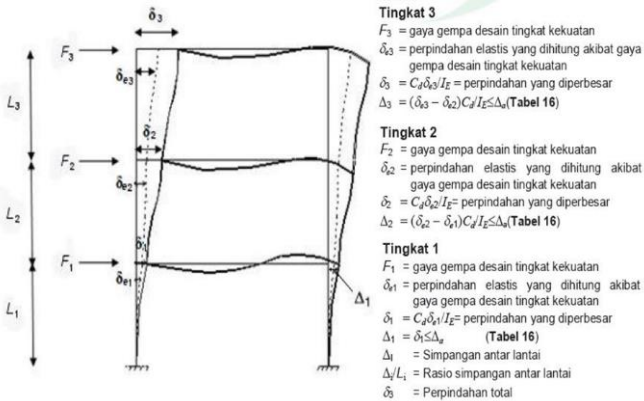
(SNI 1726:2012, Tabel 15)

### 3.6.3.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Bila Periode fundamental yang dihitung melebihi  $C_u T_a$ , maka  $C_u T_a$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $T$  dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85 V/V_t$ .

**3.6.3.4 Kontrol Defleksi Bangunan (Drift) (SNI 1726:2012 pasal 7.8.6)**

Penentuan Simpangan antar lantai tingkat desain 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 didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertika dari pusat massa tingkat diatasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.



Gambar 3. 3 Perhitungan simpangan tiap lantai (SNI 1726:2012 Gambar 5)

Tabel 3. 4 Simpang ijin struktur

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior,	0,025 h	0,02 h	0,015 h

partisi, langit-langit, dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpanan antar lantai			
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 16

### 3.6.3.5 Kontrol Sistem Ganda

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa rencana.

## 3.7 Pembebanan

Penggunaan beban yang ada mengikuti peraturan yang ada di SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan menggunakan SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2 antara lain:

### 3.7.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kulit bangunan



gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

Tabel 3. 5 Jenis dan Besar Beban Mati

<b>Jenis Beban</b>	<b>Besar Beban</b>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Aspal	2200 kg/m <sup>3</sup>
Plafon	7 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung plafon	11 kg/m <sup>2</sup>
Keramik	24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata ringan 60 x 20 x 10	100 kg/m <sup>2</sup>

Sumber: PPIUG 1983

### 3.7.2 Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727:2013 Pasal 4.1)

### 3.7.3 Beban Gempa

Menurut SNI 1726:2012, terdapat 2 metode analisa gempa dinamik, yaitu analisis respon spectrum dan analisis respon dinamik riwayat gempa (time history). Pada Tugas Akhir ini digunakan analisis gempa dengan menggunakan respon spectrum. Berikut merupakan tahapan perhitungan analisa respon spectrum untuk mendapatkan nilai gaya gempa lateral yang timbul di semua tingkat.

#### 3.7.3.1 Menentukan Kelas Situs

SNI 1726:2012 pasal 5.3 mengatur tata cara untuk menentukan klasifikasi situs. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan menentukan nilai N berdasarkan data hasil SPT.

Adapun definisi parameter kelas situs yang menggunakan data SPT dapat dilihat pada SNI 1726:2012 pasal 5.4.2 persamaan (2).

Tabel 3. 6 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$ )		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math> )</li> <li>- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>\bar{s}_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul>
--	---

Sumber : Tabel 3 SNI 1726:2012

### 3.7.3.2 Menentukan Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Sesuai Tabel 1 SNI 1726-2012, untuk berbagai resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2 SNI 1726-2012. Faktor keutamaan gempa bergantung pada kategori resiko bangunan mengikuti **Tabel 3.7** dan **Tabel 3.8**.

Tabel 3. 7 Kategori Risiko Bangunan

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

Tabel 3. 8 Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

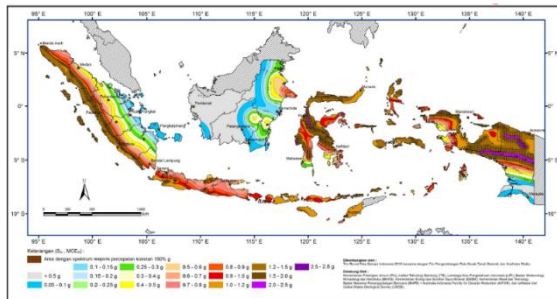
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Gedung Apartemen 1 *Park Avenue* termasuk ke dalam kategori II sehingga faktor keutamaan gempa gedung sebesar 1.

### 3.7.3.3 Menentukan Nilai $S_s$ dan $S_1$

$S_s$  adalah parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen (SNI 1726:2012). Nilai  $S_s$  diperoleh dari letak bangunan sesuai dengan peta zona gempa Indonesia pada

#### Gambar 3.4



Gambar 3. 4  $S_s$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget ( $MCE_R$ ) (SNI 1726-2012, Gambar 9)

$S_1$  adalah parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen (SNI 1726:2012). Nilai  $S_1$  diperoleh dari letak bangunan sesuai dengan peta zona gempa Indonesia pada **Gambar 3.5**.



SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

Tabel 3. 9 Koefisien situs, Fa  
(sumber : SNI 1726-2012, Tabel 4)

Tabel 3. 10 Koefisien situs, Fv

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, T = 1 detik, S <sub>s</sub>				
	S <sub>1</sub> ≤ 0,1	S <sub>1</sub> = 0,2	S <sub>1</sub> = 0,3	S <sub>1</sub> = 1	S <sub>1</sub> ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

(Sumber : SNI 1726-2012, Tabel 5)

Catatan :

1. Untuk nilai-nilai antara S<sub>s</sub> dapat dilakukan interpolasi linier
2. SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik

### 3.7.3.5 Menentukan S<sub>MS</sub> dan S<sub>M1</sub>

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (2.21)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2.22)$$

### 3.7.3.6 Menghitung Nilai $S_{D1}$ dan $S_{DS}$

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek,  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik,  $S_{D1}$  harus ditentukan melalui persamaan berikut : (SNI 1726:2012 pasal 6.3)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.23)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.24)$$

### 3.7.3.7 Menentukan Kategori Desain Seismik ( $K_{DS}$ )

Dari nilai  $S_{DS}$ ,  $S_{D1}$  dan kategori resiko gedung akan didapatkan dua kategori desain seismik. Nilai yang diambil adalah yang paling besar dari kedua  $K_{DS}$  tersebut. Nilai tersebut didapatkan harus dari nilai dalam **Tabel 3.11** dan **Tabel 3.12**:

Tabel 3. 11 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda Pendek,  $S_{DS}$

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.5 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2012, Tabel 6)

Tabel 3. 12 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda 1 detik,  $S_{D1}$

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.167$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2012, Tabel 7)

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom,

dan sambungan menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi letur, geser, dan aksial. SRPM dapat dikelompokan sebagai berikut :

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB); Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan SNI beton pasal 1-20 dan 22, serta Pasal 21.1.2 dan 21.2. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS B
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM); Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan *detailing* pasal 21.1.2 dan 21.1.8 serta 21.3. Sistem ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimum KDS C.
- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK); Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan Pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, Pasal 21.5 hingga 21.8, serta Pasal 21.11 hingga 21.13. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D, E atau F.

Sistem struktur yang dipilih harus sesuai dengan batasan dan memperhatikan koefisien dalam jenis sistem struktur sesuai dengan SNI 1726-2012 Pasal 7.2.2.

### **3.7.3.8 Menghitung Koefisien Respon Seismik**

Koefisien respons seismik,  $C_s$  harus ditentukan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan pada SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1:



$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.25)$$

dimana :

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

$R$  = faktor modifikasi respons yang ditentukan oleh sistem penahan gempa yang dipilih

$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan kategori risiko

Nilai  $C_s$  yang dihitung  $\leq$  dari :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.26)$$

dan  $C_s \geq$  dari :

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 \quad (3.27)$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0.5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.28)$$

dimana :

$S_{D1}$  = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda 1,0 detik

$T$  = perioda fundamental struktur (detik)

$S_1$  = parameter percepatan spektrum respons maksimum

### 3.7.3.9 Menghitung Berat Seismik Efektif

Berat seismik efektif struktur, harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya, yaitu:

- Daerah yang digunakan untuk penyimpanan : minimum sebesar 25 % beban hidup lantai (beban lantai di garasi public dan struktur parkir terbuka, serta beban, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 persen dari berat seismic efektif pada suatu lantai tidak perlu disertakan);

- Jika ketentuan untuk partisi diisyaratkan dalam desain beban lantai, diambil yang terbesar di antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0.46 kN/m<sup>2</sup>;
- Berat operasional total dari peralatan yang permanen;
- Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya

### 3.7.3.10 Menghitung Distribusi Gaya Vertikal

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ), dalam (KN), yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (3.29)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \quad (3.30)$$

dimana :

- $C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal  
 $V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (KN)  
 $w_i$  dan  $w_x$  = bagian berat seismik efektif total struktur pada tingkat  $i$  atau  $x$  (kN)  
 $h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$ , dalam meter (m)  
 $k$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur berikut ini: struktur dengan perioda 0,5 atau kurang,  $k=1$  struktur dengan perioda 2,5 atau lebih,  $k=2$  struktur dengan perioda 0,5 -2,5  
 $k=2$ , atau interpolasi linear antara 1 dan 2.

### 3.7.4 Kombinasi

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.2.1 sehingga

$$U = 1,4 D$$

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

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$$

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

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

dimana:

U = beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

### 3.8 Perencanaan Struktur Utama

#### 3.8.1 Penulangan Balok

Perencanaan penulangan balok untuk struktur primer dan sekunder mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 10 dan pasal 11.

##### 3.8.1.1 Perencanaan Tulangan Lentur pada Balok

Berikut tahapan perencanaan dalam penulangan lentur pada balok induk:

1. Penentuan data-data yang akan digunakan, yakni d (tinggi efektif beton),  $f_y$  (kuat leleh tulangan baja),  $f'_c$  (kuat tekan beton), dan  $M_u$  (momen *ultimate*)
2. Menentukan nilai  $\beta_1$ , sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3, yakni sebagai berikut:

$$f'_c \geq 28 \text{ Mpa}, \beta_1 = 0.85 - 0.05 \left( \frac{f'_c - 28 \text{ Mpa}}{7} \right) \geq 0.65$$

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

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

SNI 2847:2013 Lampiran B (Pasal 8.4.2)

$$\rho_{max} < 0.025$$

SNI 2847:2013 (Pasal 21.5.2.1)

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

SNI 2847:2013 Lampiran B (Pasal 10.3.3)

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

SNI 2847:2013 (Pasal 10.5.1)

$$\rho \text{ min} = \frac{1.4}{f_y}$$

SNI 2847:2013 (Pasal 10.5.1)

4. Menentukan Nilai  $m$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

5. Menentukan Nilai Faktor Penahan Lentur ( $R_n$ )

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

dengan harga  $\phi = 0.75$

SNI 2847:2013 (Pasal 9.3.2.7)

6. Perhitungan rasio tulangan yang digunakan dalam desain, adalah sebagai berikut:

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

Dengan syarat,  $\rho < \rho \text{ pakai} < \rho \text{ max}$

7. Menghitung Luas Tulangan ( $A_s$  perlu) berdasarkan  $\rho$  yang telah didapat dari perhitunagn sebelumnya, yakni sebagai berikut:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

8. Menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan berdasarkan  $A_s$  perlu

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$$

9. Menghitung Jarak Tulangan yang dibutuhkan, yakni sebagai berikut:

$$s = \frac{b - n \times D - 2xd - 2\phi S}{n - 1}$$

### 3.8.1.2 Penulangan Geser Balok

#### 1. Penulangan Geser pada Daerah Tumpuan

Untuk pemasangan tulangan geser pada daerah sendi plastis (sepanjang  $2h$  dari muka kolom), dilakukan analisis perhitungan sebagai berikut:

a.) Menghitung momen ujung pada tiap tumpuan

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

$$M_{pr} = As \times (1.25 \times fy) \times (d - \frac{a}{2})$$

b.) Menghitung Gaya Geser Total

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{Ln}$$

Dengan diasumsikan, bahwa beton tidak menahan gaya geser, sehingga

$$V_c = 0$$

$$V_n = V_e \text{ maksimum}$$

c.) Perhitungan tulangan geser yang diperlukan

$$V_s = \frac{V_n}{\phi}$$

$$V_{smaks} = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f'c}$$

Cek  $V_s < V_{smaks}$

$$A_v = \text{Jumlah kaki tulangan transversal} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$s = \frac{A_v \times fy \times d}{V_s}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013, Pasal 21.5.3.2, Jarak tulangan sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari syarat berikut:

$$s < \frac{d}{4}$$

$$s < 6 \text{ kali diameter tulangan longitudinal}$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

## 2. Penulangan Geser Lapangan

Untuk pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (di luar  $2h$ ), terdapat analisis perhitungan sebagai berikut:

$$Vu \text{ lapangan} = Vn - (2xh)$$

$$\phi V_s \text{ min} = 0.75 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0.75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Cek kondisi:

$$Vu \leq 0.5 \phi V_c$$

$$0.5 \phi V_c \leq Vu \leq \phi V_c$$

$$\phi V_c \leq Vu \leq \phi (V_c + V_{smin})$$

$$A_v = \text{Jumlah kaki tulangan transversal} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A_v \text{ min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y}$$

Dengan syarat jarak sengkang maksimum

$$s \text{ maks} \leq \frac{d}{2}$$

### 3.8.1.3 Penulangan Torsi

- Pengaruh adanya torsi harus diperhitungkan berdasarkan apabila:

$$Tu \leq \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \times \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right)$$

SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1

- Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$Tu \leq \phi T_n$$

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

- Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \times A_0 \times A_t \times f_y}{s} \times \cot \theta$$

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

Keterangan:

$T_u$  = Momen torsi terfaktor

$T_n$  = Kuat momen torsi

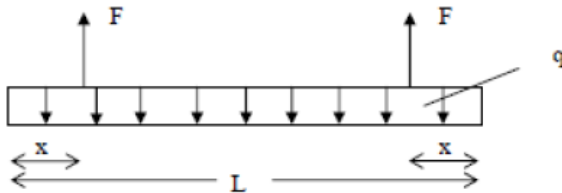
$T_c$  = Kuat torsi nominal beton

$T_s$  = Kuat torsi nominal geser (sejangkang)

$A_0$  = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser ( $mm^2$ )

### 3.8.1.4 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban-beban yang bekerja adalah beban dari berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat pada balok. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 3. 6 Model Pembebanan saat Pengangkatan Balok Pracetak

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan.

Tabel 3. 13 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya dinamis

Pengangkatan dari Bekisting	1.7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1.2
Transportasi	1.5
Pemasangan	1.2

### 3.8.2 Penulangan Kolom

Penulangan kolom dilakukan untuk menahan adanya momen lentur, geser, dan torsi yang disyaratkan sesuai SNI 2847:2013, pasal 10 dan 11

Berikut langkah-langkah perhitungan analisis penulangan kolom:

1. Perencanaan tulangan memanjang kolom
  - a.) Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom

$$0.01 A_g \leq A_{st} \leq 0.06 A_g$$

SNI 2847:2013, pasal 21.6.3.1

- b.) Kontrol kapasitas beban aksial

$$\phi P_n \text{ maks} = 0.8 \times \phi \times 0.85 \times f'_c \times (a_g - A_{st}) + (f_y \times A_{st})$$

$$\text{Cek, } \phi P_n \text{ maks} > P_{\text{maks}}$$

2. Kontrol persyaratan “*Strong column weak beam*”

Berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 21.6.2.2 disyaratkan bahwa:

$$\Sigma M_{nc} \geq (1.2) \Sigma M_{nb}$$

Keterangan:

$\Sigma M_{nc}$  = momen kapasitas kolom

$\Sigma M_{nb}$  = momen kapasitas balok

3. Penentuan daerah sendi plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1 panjang  $l_0$ , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$l_0 \geq h \text{ kolom}$$

$$l_0 \geq \frac{1}{6} \times l_n$$

$$l_0 \geq 450 \text{ mm}$$

Dimana  $s$  tidak boleh melebihi batasan berikut:

$$s < \frac{1}{4} \text{ dimensi kolom minimum}$$



$$s < 6 \times \text{diameter tulangan longitudinal}$$

$$s < 100 + \frac{350 - h}{3}$$

4. Perhitungan pengekangan kolom di daerah sendi plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 21.6.4.4 luas penampang total tulangan sengkang persegi Ash, tidak boleh kurang dari batasan berikut:

$$Ash = 0.3 \frac{s \times bc \times f'c}{fyt} \left( \left( \frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right)$$

$$Ash = 0.9 \frac{s \times bc \times f'c}{fyt}$$

Keterangan:

S = jarak tulangan transversal

Bc = dimensi potongan melintang dari inti kolom, yang diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

Ag = luasan penampang kolom (mm)

Ach = luasan penampang kolo diukur dari daerah tulangan transversal (mm)

Fyt = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

5. Menghitung kebutuhan tulangan geser

Gaya geser yang bekerja pada kolom ( $V_u$ ) ditentukan dari besarnya  $M_{pr+}$  dan  $M_{pr-}$  terhadap balok yang menyatu dengan kolom tersebut

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

$$M_{pr} = As \times (1.25 \times fy) \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{L_n}$$

Besarnya  $V_u$  harus dikomparasikan dengan nilai  $V_c$ , yakni gaya geser yang diperoleh dari  $M_{pr}$  kolom yang diperoleh denfan program bantu SPColumn. Karena dimensi dan

penulangan kolom atas dan bawah memiliki nilai yang sama sehingga diperoleh perumusan sebagai berikut:

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

Cek  $V_e > V_u$

Berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 21.6.5.2 nilai  $V_c$  diasumsikan 0, apabila memenuhi persyaratan berikut:

$$50\%V_e > V_u$$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{10}$$

Apabila tidak memenuhi persyaratan di atas, maka  $V_c \neq 0$ , sehingga berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.2.1.2 untuk komponen struktur yang terkena beban aksial berlaku persyaratan berikut:

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times s \times d$$

Besarnya  $V_s$  ditentukan berdasarkan Ash terpasang

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s}$$

Cek  $\phi(V_c + V_s) > V_u$

Berdasarkan SNI 2847:2013, Pasal 21.6.4.5, Sisa panjang kolom di luar sendi plastis ( $l_o$ ) harus dipasang Jarak tulangan sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari syarat berikut:

$$S < \frac{d}{2}$$

$S < 6$  kali diameter tulangan longitudinal

$S < 150$  mm

6. Menghitung panjang lewatan pada sambungan tulangan kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013, pasal 12.2.3 untuk tulangan  $\geq D22$ , maka

$$l_d = \left( \frac{f_y \times \psi_1 \times \psi_2}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

Keterangan:

$\psi_1 = 1$  (tidak berada di atas lapisan beton setebal 300 mm)

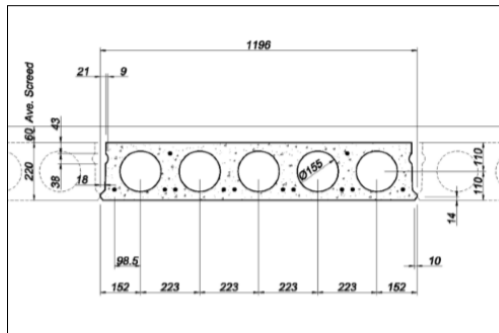
$\psi_1 = 1$  (tidak dilaisi epoksi)

$\lambda = 1$  (beton berat normal)

### 3.8.3 Perencanaan Hollow Core Slab

Plat pracetak seperti *hollow core slab* biasanya didesain menggunakan tumpuan sederhana dan didesain menggunakan sistem plat satu arah. Penulangan dalam bentuk tendon post tension diletakkan di bawah elemen pracetak untuk menahan momen positif yang terjadi. Penulangan atas biasanya digunakan untuk menahan retak lentur pada saat pemasangan dan penyusutan akibat perubahan temperatur. (Elliot, 2002)

Pada perencanaan modifikasi ini, akan digunakan *hollow core slab* berdasarkan brosur *Hollow Concrete Pty. Ltd.* Dengan spesifikasi sebagai berikut



Gambar 3. 7 Cross Section hollow core slab  
(Sumber: *Hollow Core Concrete Detailing Manual.*)

Tabel 3. 14 Spesifikasi Hollow Core Slab

Slab Code	F220.5
Design Width	1200mm
Number of Top Strands	0 - 4

Number of bottom strands	6 - 10
Prestress (12.7 $\phi$ )	500 - 1200MPa
Concrete grade	50MPa
Cover to strand	35-45mm
Fire Rating	1½-4 hrs
Cross sectional area	160.7x103 mm <sup>2</sup>
Self weight	336 kg/m <sup>2</sup>
Self weight (incl. Screed)	503 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber : *Hollow Core Concrete Detailing Manual*)

### 3.8.3.1 Kontrol Kuat *Web Shear Cracking Hollow Core Slab*

$$V_{cw} = (0.29 \lambda x \sqrt{f'c} + 0.3f_{pc}) x b_w x d_p + V_d + A_{CI-22.5.8.3.1a}$$

Dengan  $d_p$  tidak boleh diambil kurang dari 0.8 h

Keterangan:

$F'c$  = Kuat tekan beton

$F_{pc}$  = kuat tekan

$I$  = pusat bidang elemen untuk menahan beban eksternal setelah adanya kehilangan prategang

$V_p$  = komponen vertikal dari pratekan efektif

### 3.8.3.2 Kontrol Kuat *Flexural Shear Cracking Hollow Core Slab*

Kekuatan geser lentur  $V_{ci}$  harus lebih besar dari kedua persamaan berikut, yakni:

$$V_{ci} = 0.05 \lambda x \sqrt{f'c} x b_w x d_p + V_d + \left( \frac{V_i M_{cre}}{M_{max}} \right)$$

ACI-22.5.8.3.1a

$$V_{ci} = 0.05 \lambda x \sqrt{f'c} x b_w x d$$

ACI-22.5.8.3.1b

Dengan  $d$  tidak boleh diambil kurang dari 0.8 h. Harga  $M$  maksimum dan  $V_i$  harus dihitung dari pembebanan kombinasi momen terfaktor yang terjadi pada plat, dan  $M_{cre}$  (momen yang menyebabkan *flexural cracking* untuk beba kerja eksternal). Harus diperhitungkan melalui persamaan berikut: (Islam Ez, 2017)

$$M_{cre} = (0.5 \lambda x \sqrt{f'c} + f_{pe} - fd) \left( \frac{I}{yt} \right)$$

(ACI-22.5.8.3.1c)

### 3.8.3.3 Perencanaan dan Penulangan Dinding Geser

Berikut langkah perhitungan penulangan dinding geser, yakni sebagai berikut:

#### 1. Perhitungan Kuat Geser

$$V_c = 0.27 x \lambda x \sqrt{f'c} x h x d + \frac{Nu x d}{4 x lw}$$

$$V_c = 0.05 x \lambda x \sqrt{f'c} + \frac{Iw x \lambda x \sqrt{f'c} + 0.2 \frac{Nu}{lw x h}}{\frac{Mu}{Vu} - \frac{lw}{2}}$$

SNI 2847 – 2013 Pasal 11.9.6

Keterangan:

$lw$ = Panjang keseluruhan dinding

$Nu$ = gaya aksial (positif untuk tekan dan negatif untuk tarik)

$H$ = tebal dinding

$d$ = 0.8  $lw$  (SNI 2847-2013 Pasal 11.9.4)

$Vu < 0.5\phi Vc$ , maka tulangan yang dibutuhkan sesuai dengan ketentuan pada SNI 2847:2013 Pasal 14

$Vu > 0.5\phi Vc$ , maka tulangan geser untuk dinding geser disesuaikan dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9, dengan  $Vs$

$$Vs = \frac{As x fy x d}{s}$$

$$\phi V_n = \phi(V_c + V_s)$$

2. Berikut ketentuan-ketentuan khusus untuk dinding geser penahan gempa
- a.) Apabila menggunakan paling sedikit dua tirai tulangan, maka

$$V_u > 0.17 A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f'_c}$$

SNI 2847:2013 Pasa 21.9.2.2

Keterangan  $A_{cv}$  = Luas netto yang dibatasi oleh panjang dan tebal penampang dinding

- b.) Cek batas kuat geser

$$V_u < \phi 0.66 A_{cv} \times \sqrt{f'_c}$$

SNI 2847:2013 Pasal 21.9.4.4

$$V_u < \phi A_{cv}(a_c \times \lambda \times \sqrt{f'_c} + \rho_t \times f_y)$$

SNI 2847:2013 Pasal 21.9.4.1

Keterangan:

$$a_c = 0.17 - 0.25 \text{ untuk } \frac{hw}{lw} = 1.5 - 2.0$$

3. Analisis kapasitas *boundary element*
- a.) Dinding geser harus diberikan *boundary element* apabila

$$C > \frac{lw}{600 \frac{\delta u}{hw}}$$

$$\text{Dengan } \frac{\delta u}{hw} > 0.007$$

SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.1

- b.) Rasio *boundary element* harus memenuhi persyaratan berikut

$$\rho_s = 0.12 \left( \frac{f'_c}{f_{yt}} \right)$$

$$\rho \text{ terpasang} = \left( \frac{A_s}{b \times d} \right)$$

$$\rho \text{ terpasang} > \rho_s$$

SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.4

- c.) Luas penampang tulangan sengkang harus memenuhi persamaan berikut:

$$A_{sh} = 0.3 \times \frac{s \times b \times c \times f'_c}{f_{yt}} \left( \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0.09 \times \frac{s \times b \times c \times f'_c}{f_{yt}}$$

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.6.4 (b)

- d.) Spasi tulangan untuk boundary element, harus memenuhi persyaratan berikut: Luas penampang tulangan sengkang harus memenuhi persamaan berikut:

$$S < \frac{1}{4} \text{ dimensi komponen struktur minimum}$$

$$S < 6 \text{ kali diameter tulangan longitudinal}$$

$$S < 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3

### 3.9 Perencanaan Sambungan

Kelemahan dari penggunaan elemen pracetak pada struktur terletak pada sambungan antar elemennya. Sehingga kekuatan sambungan elemen pracetak kurang mampu memberikan performa terbaiknya dalam menahan beban terutama beban gempa. Mengingat Indonesia terletak pada kawasan Ring of Fire, oleh karena itu sangat dibutuhkan metode sambungan elemen pracetak yang memiliki performa yang ekuivalen dengan elemen monolit beton konvensional.

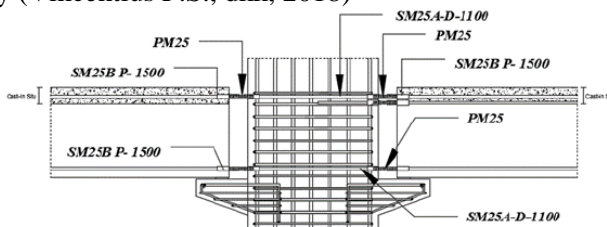
#### 3.9.1 Sambungan Balok Kolom

Struktur beton pracetak umumnya direncanakan dengan menganggap struktur tersebut bersifat monolit yang dicor ditempat. Metoda desain seperti ini disebut sebagai pendekatan emulasi (C.E. Warnes, 1992).

Dengan pendekatan ini, sistem struktur pracetak dapat direncanakan sebagai sistem struktur yang konvensional. Dengan demikian konsep desain kapasitas yang umumnya digunakan dalam perancangan portal konvensional terhadap beban lateral dapat digunakan dalam perancangan portal pracetak. Desain kapasitas ini dapat tercapai dengan menerapkan falsafah *strong column weak beam* dimana kelelahan pada balok diharapkan terjadi lebih dahulu sebelum terjadinya keletihan pada kolom. Dengan demikian sambungan balok-kolom merupakan bagian yang sangat penting akan mentransfer gaya-gaya antar elemen pracetak yang tersambung. (S. Pantazopoulou, 1992)

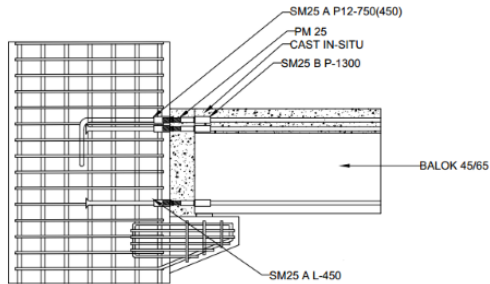
Untuk menahan beban gempa, direncanakan menggunakan sambungan basah (*wet joint*). Sehingga sambungan balok dan kolom akan berperilaku seperti balok kolom monolit pada umumnya. Sehingga, sambungan akan dirasa cukup kuat dalam menahan beban lateral. (Breccoloti, 2016)

Sambungan balok ke kolom menggunakan bantuan perancah atau scaffolding dengan jarak 0.25 dari panjang balok pada masing-masing ujungnya dan konsol pendek. Tulangan atas dan tulangan bawah menggunakan Modix Coupler yang diproduksi oleh Peikko Group dengan kontrol kemampuan tarik  $1.25 f_y$  (Vincentius F.S., dkk, 2018)



Gambar 3. 8 Detail penulangan Balok-Kolom  
(Sumber : Akbar, 2018)





Gambar 3. 9 Konsol Pendek Sambungan Balok dan Kolom  
(Sumber: Vincentius F.S., dkk, 2018)

Tabel 3. 15 Modix Standard Coupler type by Peikko group

Coupler type	Bar $\phi$ $d_b$ [mm]	Coupler $\phi$ D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread d M	Thread length $l_z$ [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green

( Sumber : Peikko Group Technical Manual )

Tabel 3. 16Position Coupler by Peikko Group

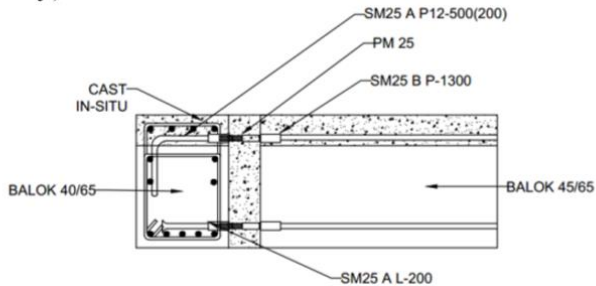
Coupler type	Bar $\phi_b$ [mm]	Coupler $\phi D$ [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A $l_t$ [mm]	Length $l_1$	Length $l_2$	Length of position sleeve $l_3$	Length threaded bar $l_{sp}$	Max. free spacing $l_{fint}$	Length L	ISO metric thread M	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green

( Sumber : Peikko Group Technical Manual )

Tak hanya itu, desain perancangan sambungan untuk balok dan kolom ini, menggunakan konsol pendek, yang berdasarkan pada SNI 2847:2013 Pasal 11.8 untuk ketentuan brakit (*brackets*) dan korbekel.

### 3.9.2 Sambungan Balok Utama-Balok Anak

Balok anak menumpu pada tepi balok induk dengan syarat panjang landasan yakni minimal 1/180 bentang bersih atau  $l_n$  pada komponen plat pracetak, dan juga tidak dianjurkan untuk kurang dari 75 mm. Untuk menjadi suatu komponen struktur yang kokoh dan terintegrasi, baik tulangan positif maupun negatif dirancang secara menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya terdapat pada SNI 2847:2013 pasal 13.7.3. Serta dalam perancangan digunakan konsol pendek pada balok induk. Tulangan positif dan negatif menggunakan Modix Coupler yang diproduksi oleh Peikko Group dengan kontrol kemampuan tarik 1.25  $f_y$  (Vincentius F.S., dkk, 2018)

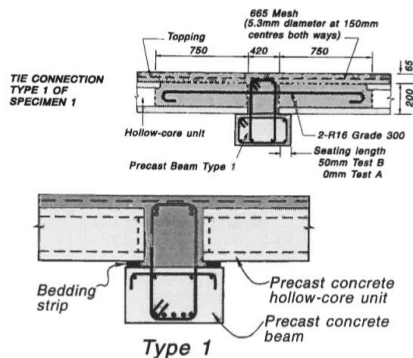


Gambar 3. 10 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak  
(Sumber: Vincentius F.S., dkk, 2018)

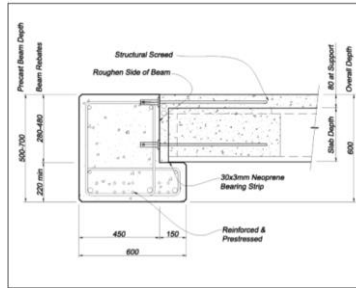
### 3.9.3 Sambungan Balok Pelat

Berikut beberapa cara yang dapat digunakan dalam sambungan antara balok dan plat:

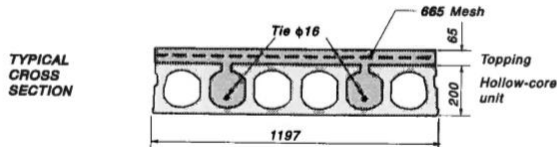
1. Pemasangan *shear connector* pada *Hollow Core Slab* dengan bentang lebih dari 3 m, shear connector berupa tulangan ulir D10 yang dipasang pada lubang joint
2. Pemberian *cover* atau *topping* atas dengan beton cor di tempat



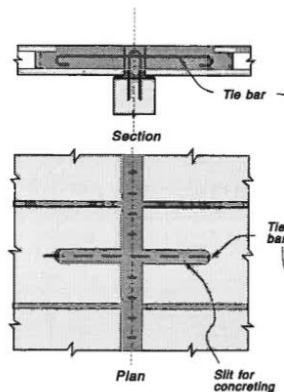
Gambar 3. 11 Sambungan *Hollow Core Slab* dengan Balok Tengah  
(Sumber: J. C. Mejia-McMaster, 1994)



Gambar 3. 12 Sambungan *Hollow Core Slab* dengan Balok Ujung  
(Sumber: *Hollow Core Concrete PTY LTD*, 2004)



Gambar 3. 13 *Cross Section* Sambungan Plat  
(Sumber: J. C. Mejjia-McMaster, 1994)



Gambar 3. 14 Tampak Atas Sambungan Plat  
(Sumber: J. C. Mejjia-McMaster, 1994)

### 3.9.4 Pangkatan *Hollow Core Slab*

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan

terhadap tulangan angkat yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkatan dalam proses transportasi kondisi yang demikian menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada proses pengangkatan dapat menggunakan bantuan balok angkat yang memiliki kegunaan untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

a. Dua Titik Angkat

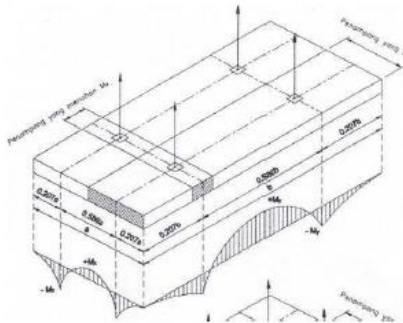
Maksimum Momen (pendekatan) :

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

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

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

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



Gambar 3. 15 Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat)

Sumber : *PCI Design Manual Book*

### 3.9.5 Perencanaan Bangunan Bawah

#### 3.9.5.1 Perencanaan basement

##### ➤ Penulangan Dinding Basement

Penulangan dinding basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013.

##### ➤ Penulangan Pelat Lantai Basement

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013.

### 3.9.5.2 Perencanaan Pondasi

Setelah menghitung beban struktur atas secara keseluruhan, maka kita harus meneruskan beban tersebut ke struktur bawah (pondasi). Pondasi yang direncanakan menggunakan tiang pancang dengan perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan Standard Penetration Test (SPT). Langkah-langkah yang dikerjakan dalam perencanaan struktur bawah adalah:

1. Menghitung beban total dari struktur atas
2. Mencari dan menganalisa daya dukung tanah  
Data tanah dari Gedung 1 *Park Avenue* terletak di lampiran.
3. Menentukan desain dimensi tiang pancang dan jarak antara tiang pancang

Pada penentuan jarak antar tiang pancang terdapat beberapa ketentuan yang harus terpenuhi seperti pada persamaan di bawah ini.

$$2.5 D \leq S \leq 5D \quad (3.75)$$

Dimana:

D = diameter tiang pancang (m)

S = jarak antar tiang pancang (m)

4. Menganalisa daya dukung tiang pancang  
Analisa daya dukung tiang pancang dibedakan menjadi dua, yaitu daya dukung satu tiang pancang dan daya dukung tiang pancang kelompok.

- Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Perhitungan daya dukung tanah memakai metode Luciano Decourt.

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.76)$$

dimana :

$Q_L$  = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_P$  = *Resistance ultimate* di dasar pondasi

$Q_s$  = *Resistance ultimate* akibat tekanan lateral

Berikut merupakan rumus untuk mencari daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_P$ ).

$$Q_P = q_p \cdot A_p = \alpha \cdot \bar{N}_p \cdot K \cdot A_p \quad (3.77)$$

dimana :

$\bar{N}_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B= diameter pondasi)

$$= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

K = Koefisien karakteristik tanah di dasar pondasi

12 t/m<sup>2</sup> = 117,7 kPa, untuk lempung (clay)

20 t/m<sup>2</sup> = 196 kPa, untuk lempung berlanau (silty clay)

25 t/m<sup>2</sup> = 245 kPa, untuk pasir berlanau (silty sand)

40 t/m<sup>2</sup> = 392 kPa, untuk pasir (sand)

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = Tegangan di ujung tiang

Berikut merupakan rumus untuk mencari daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ).

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \beta \cdot \left( \frac{\bar{N}_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \quad (3.78)$$

dimana :

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

$\bar{N}_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang terbenam, dengan batasan:  $3 \leq N \leq 50$ , khusus untuk aspek *friction*

$A_s$  = Keliling x panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah merupakan berturut-turut base coefficient dan shaft coefficient menurut Decourt et all (1996) yang nilai seperti pada **Tabel 3.17** dan **Tabel 3.18** dibawah ini:

Tabel 3. 17 Base Coefficient  $\alpha$

Soil/ Pile	Driven	Bored	Bored	Continous	Root	Injected pile
	Pile	Pile	Pile (bentonite)	hollow sugar	pile	(high pressure)
Clay	1.0	0.85	0.85	0.30	0.85	1.0
Intermediate Soils	1.0	0.60	0.60	0.30	0.60	1.0
Sands	1.0	0.50	0.50	0.30	0.50	1.0

(Decourt,et all, 1996)

Tabel 3. 18 Shaft Coefficient  $\beta$

Soil/ Pile	Driven	Bored	Bored	Continous	Root	Injected pile
	Pile	Pile	Pile (bentonite)	hollow sugar	pile	(high pressure)
Clay	1.0	0.80	0.90	1.00	1.5	3.0
Intermediate Soils	1.0	0.65	0.75	1.00	1.5	3.0
Sands	1.0	0.50	0.60	1.00	1.5	3.0

(Decourt et all, 1996)

- Daya Dukung Tiang Pancang Grup

Untuk kasus daya dukung tiang pancang grup, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi  $C_e$ .

$$QL (\text{group}) = QL (1 \text{ tiang}) \times n \times C_e \quad (2.79)$$

dimana :

$N$  = jumlah tiang dalam grup

$C_e$  = koefisien efisiensi

$QL (\text{group})$  = daya dukung tiang pancang kelompok

$QL (1 \text{ tiang})$  = daya dukung 1 tiang pancang

Untuk menghitung koefisien efisiensi  $C_e$  dapat digunakan beberapa teori dibawah ini, yaitu :

a. Converse-Labarre :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 \times \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (3.80)$$

dimana :

$\phi$  = diameter tiang pondasi

$S$  = jarak as ke as antar tiang dalam group



$m$  = jumlah baris tiang dalam group

$n$  = jumlah kolom tiang dalam group

$C_e = 0,9 - 1,0$  (untuk jarak antar tiang pancang  $\geq 3 \phi$ )

b. Los Angeles

$$C_e = 1 - \frac{B}{L} \times \frac{1}{\pi \cdot m \cdot n} \times (m \times (n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}) \quad (2.13)$$

dimana:

$B$  = Lebar grup tiang

$L$  = Panjang grup tiang

$m$  = jumlah baris tiang dalam group

$n$  = jumlah kolom tiang dalam group

c. Di sisi lain Terzaghi telah memberikan perumusan untuk menghitung daya dukung kelompok untuk lempung

$$Q_G = \beta^2 \cdot C_u \cdot N_c + 4 \cdot \beta \cdot C_u \cdot D \quad (3.81)$$

$$B = (n-1) \cdot S + d \quad (3.82)$$

dimana :

$D$  = Kedalaman tiang pondasi

$S$  = Jarak antar as tiang (*spacing*)

$C_u$  = Undrained cohesion

$n$  = Jumlah tiang dalam grup

$d$  = Diameter tiang

Untuk grup tiang pancang pada tanah tanpa kohesi.

Pemakaian praktis harga koefisien efisiensi  $C_e$  adalah sebagai berikut:

Pasir lepas :

– Untuk tiang-tiang pendek,  $C_e = 1,5$  (untuk  $S = 2d$ ) hingga 1 (untuk  $S = 4d$ )

– Untuk tiang-tiang panjang,  $C_e = 2$  (untuk  $S = 2d$ ) hingga 1 (untuk  $S = 6d$ )

Pasir Padat :

$C_e = 0,7$  (untuk  $S = 3d$ ) hingga 1 (untuk  $S \pm 8d$ )

5. Menghitung gaya maksimum yang dipikul satu tiang pancang dalam kelompok menggunakan persamaan di bawah ini.

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X_i^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y_i^2} \leq P_{ijin} \text{ (1 tiang)} \quad (3.83)$$

- $P_i$  = Gaya aksial satu tiang pancang (ton)  
 $\Sigma V_o$  = Jumlah beban vertical (ton)  
 $n$  = Jumlah tiang pancang  
 $M_x$  = Momen yang bekerja di dasar poer dalam arah sumbu x  
 $M_y$  = Momen yang bekerja di dasar poer dalam arah sumbu y  
 $X_i$  = Jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kelompok tiang searah sumbu X  
 $Y_i$  = Jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kelompok tiang searah sumbu X  
 $X_{max}$  = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang (m)  
 $Y_{max}$  = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang (m)

## 6. Merencanakan pile cap

Dalam perancangan pile cap pada tugas akhir ini penulis meninjau gaya geser pons dan penulangan momen lentur.

- **Kontrol Tebal Minimum Pile Cap**  
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 15.7 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (footing) diatas tiang pondasi.
- **Kontrol Geser Pons**  
Dalam merencanakan pile cap harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1. Kuat geser yang disumbangkan beton dirumuskan dengan perumusan sebagai berikut, dimana  $V_c$  harus yang terkecil diantara:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.84)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.85)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.86)$$

dimana :

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada pile cap  
= cap

$$2 (b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana :

$b_k$  = lebar penampang kolom

$h_k$  = tinggi penampang kolom

$d$  = tebal efektif pile cap

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut

= 30 untuk kolom tepi

= 40 untuk kolom interior

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada pile cap

$$b_o = 2 (b_k + d) + 2(h_k + d)$$

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut,

$\alpha_s$  = 30 untuk kolom tepi,

$\alpha_s$  = 40 untuk kolom interior

dimana :

$b_k$  = lebar penampang kolom

$h_k$  = tinggi penampang kolom

$d$  = tebal efektif pile cap

- Penulangan Pile Cap

Untuk penulangan lentur, pile cap dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan

berat sendiri pile cap. Perhitungan gaya dalam pile cap didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

## 7. Merencanakan Sloof Pondasi (*Tie Beam*)

Struktur sloof digunakan agar penurunan pada pondasi terjadi secara bersamaan. Dalam hal ini sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan pondasi satu dengan pondasi yang lain. Adapun beban yang ditimpakan ke sloof terdiri dari berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan/tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

### 3.10 Metode Pelaksanaan Gedung Pracetak

#### 3.10.1 Umum

Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien anpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direcanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode betn pracetak.

#### 3.10.2 Desain

Dalam perencanaan elemen struktur pracetak, guna mendapatkan jumlah tulangan yang memiliki kekuatan yang sesuai dan juga tetap ekonomis, maka dalam perhitungannya harus dilakukan dalam tiga tahap ;

1. Pada saat pengangkatan
  - a. Pada saat pengangkatan ke storage
    - $f_{ci}$  (3 hari) =  $0.50 \times f'_c = 22,5\text{Mpa}$
    - Hanya memikul beban sendiri elemen pracetak (half beam)
    - Dimensi utuh pracetak tanpa *overtopping*

- b. Pada saat pengangkatan ke Gedung
  - $f_{ci}$  (7 hari) =  $0.75 \times f'_c = 33,75$  Mpa
  - Hanya memikul beban sendiri elemen pracetak (half beam)
  - Dimensi utuh pracetak tanpa *overtopping*
2. Pada saat sebelum komposit
  - $f_{ci}'$  (10 hari) =  $0,8 \times f'_c = 36$  Mpa
  - Memikul beban sendiri dan beban pekerja yaitu  $100\text{kg/m}^2$
  - Dimensi utuh pracetak tanpa *overtopping*
3. Pada saat *service* atau setelah komposit
  - $f'_c$  (28 hari) = 45 Mpa
  - Memikul keseluruhan beban yang direncanakan (beban hidup sudah bekerja)
  - Dimensi utuh pracetak ditambah dimensi *overtopping*

Lalu dari ketiga kondisi tersebut digunakan konfigurasi tulangan yang paling kritis.

### 3.10.3 Fabrikasi Beton Pracetak

Proses produksi elemen pracetak dilakukan secara fabrikasi di dalam suatu industri beton pracetak. Berikut merupakan hal hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses fabrikasi:

- a. Perlunya standarisasi khusus, sehingga produk pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b. Adanya keterbatasan fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk produk pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang telah disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul
- c. Dengan cara ini terdapat kemungkinan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik

Tahap handling dilakukan ketika umur beton telah memenuhi, lalu penyimpanan ke storage ketika umur beton sudah 3 hari dan ditumpuk dahulu secara vertikal dan diberi bantalan

antar unit. Pengangkatan elemen pracetak yang akan dipasang minimal harus mempertimbangkan beberapa hal, antara lain :

- a. Daya tampung lokasi proyek
- b. Kemampuan crane

#### **3.10.4 Transportasi**

Transportasi Elemen Beton Pracetak atau Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke area proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2.4m x 16m atau 2.4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Dikarenakan dilakukan pengangkatan elemen pracetak pada umur beton 7 hari, diasumsikan bahwa diumur ke 8 hari beton pracetak sudah harus ada di *construction site*.

System Transportasi disini meliputi :

- a. Pemindahan beton pracetak di area pabrik.
- b. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan diproyek.
- c. Pemindahan dari penampungan sementara diproyek ke posisi akhir.
- d. Pengangkatan

#### **3.10.5 Kapasitas Crane**

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

1. Balok Induk

Dimensi terbesar 0,5 x 0,6 meter (L = 8m)

$$W = 0,5 \times 0,6 \times 8 \times 2400 = 5760 \text{ kg}$$

2. Pelat

Dimensi 1,2 m x 4 meter (t = 150 mm)

$$W = 0,15 \times 1,2 \times 4 \times 2400 = 1728 \text{ kg}$$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu balok pracetak sebesar 5,76 ton. Beban angkat perlu ditambahkan dengan berat sling dan hook.

Hal-Hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain

- a. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
- b. Metode pengangkatan
- c. Letak titik-titik angkat pada elemen pracetak

Penentuan tipe crane disesuaikan dengan nilai kapasitas crane yang dibutuhkan yang diperoleh dari persamaan berikut :

$$K = \frac{L_{crane} \times W \times \text{Faktor Kejut}}{4 \times \text{Efisiensi Alat}}$$

Dimana :

K = Kapasitas crane (ton)

L = Lengan crane

W = Beban angkat (ton)

Faktor kejut = 1,2

Efisiensi alat = 0,8

Dalam perencanaan ini memakai peralatan 2 buah tower crane untuk mengangkat elemen pracetak dilapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak. Berikut merupakan keterangan dari Tower Crane yang digunakan :

- a. Merk : Zoom Lion
- b. Jenis : TC6520-10E
- c. Panjang Boom : 65 m  
Maksimal Lifting : 12 ton
- d. Maksimal Ujung tower : 2.2 Ton
- e. Maksimal Kapasitas Angkat Hoisting : 6.91 Ton
- f. Maksimal Kapasitas Angkat Momen : 220 T.m

### 3.10.6 Metode Pengangkatan Elemen Pracetak

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

- Sistem struktur bangunan
  - Jeni salad sambung yang digunakan
  - Kapasitas alat angkat crane yang tersedia
  - Kondisi lapangan
- a. Metode Horizontal

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

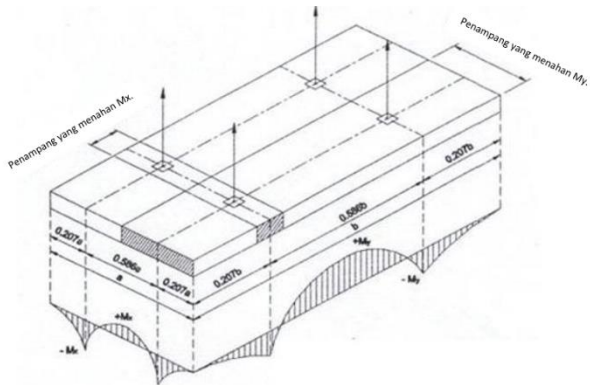
Dalam perencanaan bangunan yang menggunakan metode pracetak dibutuhkan metode pengangkatan saat proses ereksi. Hal ini sangat penting dijadikan perhatian karena proses ereksi sangat berpengaruh dalam perencanaan menggunakan metode pracetak.

➤ Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis 2 titik dan 4 titik angkat dijelaskan pada gambar 3.18 dan 3.19 :

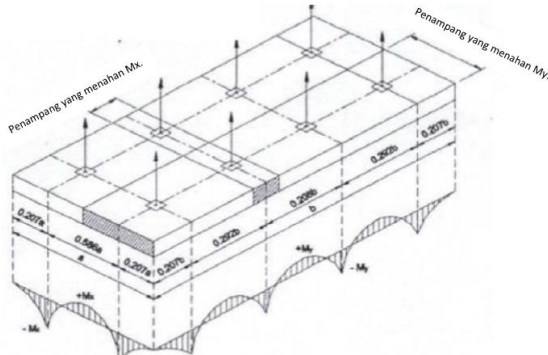


- Dua Titik Angkat



Gambar 3. 16 Dua Titik Angkat pada Pelat Pracetak

- Empat Titik Angkat

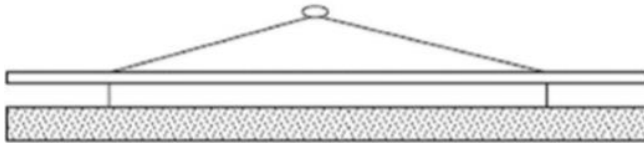


Gambar 3. 17 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak

### Pengangkatan Balok Pracetak

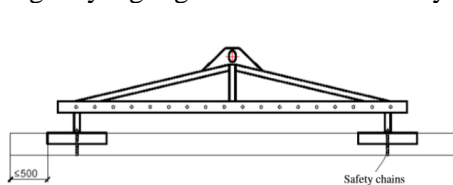
Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok menuju tempat penyimpanan komponen pracetak dan juga pengangkatan untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadi momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak. Ilustrasi pengangkatan balok pracetak seperti pada Gambar 3.20

- Pengangkatan Hollow Core Slab



Gambar 3. 18 Pengangkatan pada Elemen Balok

Pengangkatan pelat menggunakan mobile crane, dimana akan menyebabkan berat sendiri akan bekerja dan dapat menimbulkan momen pada tengah bentang. Oleh karena itu, untuk meminimalkan besarnya momen maka dapat digunakan balok angkat. Titik angkat yang digunakan adalah sebanyak dua titik



Gambar 3. 19 Titik Angkat Hollow Core Slab  
(Sumber : Consolis Betonika, 2008)

### **3.11 Gambar Teknis Hasil Analisis Perhitungan**

Gambar hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan *software* AutoCAD 2018

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Preliminary Design**

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

##### **4.1.1 Pembebanan**

###### **1. Beban Gravitasi**

- **Beban Mati (SNI 1727.2012)**
  - Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
  - Dinding ½ bata : 250 kg/m<sup>2</sup>
  - Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
  - Penggantung plafond : 7 kg/m<sup>2</sup>
  - Utilitas : 30 kg/m<sup>2</sup>
  - Spesi (2 cm) : 42 kg/m<sup>2</sup>
  - Lantai keramik : 24 kg/m<sup>2</sup>
- **Beban Hidup**
  - Lantai hunian tempat tinggal : 192 kg/m<sup>2</sup>

###### **2. Beban Gempa**

Beban gempa direncanakan dengan menggunakan SNI 1726:2012

#### **4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok**

##### **4.1.2.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk**

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

Persamaan 3.19: (untuk  $f_y$  selain 420 MPa)

$$h = \frac{l}{16} \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

Persamaan 3.20:

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

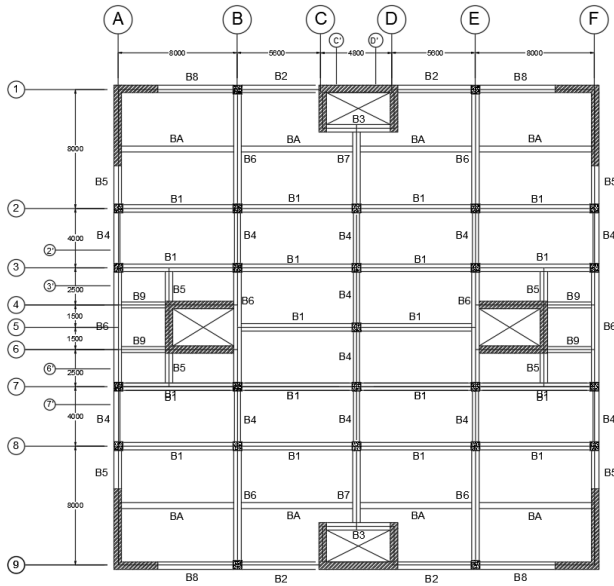
dimana:

$l$  = panjang balok (mm)

$h$  = tinggi balok (mm)

$b$  = lebar balok (mm)

Gedung yang direncanakan memiliki panjang balok induk yang bervariasi pada arah memanjang dan melintang yaitu pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Denah Pembalokan Lantai 1-5

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Nama Balok	Bentang (mm)	Arah	b min (mm)	h min (mm)	Dimensi		
					B (mm)	h (mm)	l (m)
B1	8000	Melintang	323,81	485,71	500	750	8
B2	5600	Melintang	226,667	340	500	750	5,6
B3	4800	Melintang	194,286	291,43	500	750	4,8
B4	4000	Memanjang	161,905	242,86	400	650	4
B5	2500	Memanjang	101,19	151,79	500	750	2,5
B6	8000	Memanjang	323,81	485,71	500	750	8
B7	5600	Memanjang	226,667	340	500	750	5,6
B8	5500	Melintang	222,619	333,93	500	750	5,5
B9	3400	Melintang	137,619	206,43	400	650	3,4
B10	2500	Memanjang	101,19	151,79	400	650	2,5

Dapat disimpulkan dari **Tabel 4.1**, dimensi balok induk memanjang dan melintang adalah 50/75, dan 40/65.

#### 4.1.2.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak untuk mutu beton 40 MPa dan mutu baja 400 MPa direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus, sehingga digunakan perumusan:

$$h_{\min} = \frac{l}{21} \times \left( 0.4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$b_{\min} = \frac{2}{3} \times h$$

Dimana :

L = panjang balok (mm)

h = tinggi balok (mm)

b = lebar balok (mm)

Dimensi balok anak dengan panjang yang berbeda diperoleh sebagai berikut

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Nama Balok	Bentang (mm)	Arah	b min (mm)	h min (mm)	Dimensi	
					b (mm)	h (mm)
BA1	8000	Memanjang	246,712	370,07	400	650

Dapat disimpulkan dari Tabel 4.2, dimensi balok anak adalah 40/65.

#### 4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat

##### 4.1.3.1 Peraturan Perencanaan Pelat

Dalam perencanaan tebal *hollow core slab* minimum untuk tipe plat satu arah digunakan peraturan SNI 2847:2013 tabel 9.5 (a).

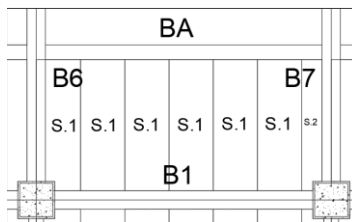
##### 4.1.3.2 Data Perencanaan Tebal Hollow Core Slab

Tebal minimum plat yang akan direncanakan memiliki beberapa dimensi, yakni sebagai berikut:

- Pelat Tipe 1 (P1) : 8m x 4 m
- Pelat Tipe 2 (P2) : 1,2 m x 2,8 m

*Hollow core slab* yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan *hollow core slab* yang diproduksi oleh PT. Beton Elemenindo Perkasa dengan perencanaan tebal minimum sebagai berikut:

##### a. Contoh Perhitungan Tebal Minimum Plat Satu Arah



Gambar 4. 2 Denah Balok di Sekeliling Tipe Plat 1

➤ Pelat Tipe 1 (P1) : 8m x 4m

$$L_n = 8000 - \frac{1}{2}(500 + 500) = 7500 \text{ mm}$$

$$S_n = 4000 - \frac{1}{2}(500 + 500) = 3500 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{7500}{3500} = 2,083 > 2 \text{ (Plat 1 Arah)}$$

Berdasarkan SNI 2847: 2013 persyaratan tebal minimum untuk elemen struktur plat masif satu arah dengan kedua ujung menerus adalah

$$h = \frac{L}{28} = \frac{4000}{28} = 142,857 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

➤ Pelat Tipe 2 (P2)

$$L_n = 2800 - \frac{1}{2}(500) = 2550 \text{ mm}$$

$$S_n = 1200 - \frac{1}{2}(500) = 950 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{2550}{950} = 2,68 > 2 \text{ (Plat 1 Arah)}$$

Berdasarkan SNI 2847: 2013 persyaratan tebal minimum untuk elemen struktur plat masif satu arah dengan kedua ujung menerus adalah

$$h = \frac{L}{28} = \frac{2400}{28} = 85,7 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

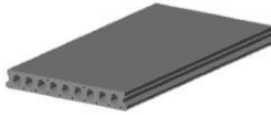
Perencanaan pada tugas akhir ini menggunakan elemen pracetak, sehingga semua tipe pelat menggunakan tipe plat satu arah, karena sepanjang plat ditumpu dengan 2 tumpuan. Sehingga hanya perlu merencanakan plat satu arah

#### 4.1.3.3 *Hollow Core Slab* yang digunakan

Berdasarkan PCI Industry Handbook, 6<sup>th</sup> edition dan brosur PT. Beton Elemenindo Perkasa, digunakan *hollow core slab* dengan tebal 150 mm dengan jumlah wire 12 dan diameter wire sebesar 7 mm serta memiliki daya dukung sebagai berikut:

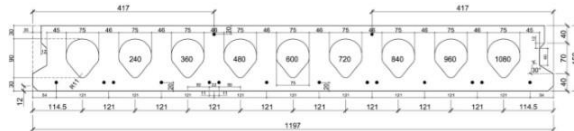
➤ Bentang 4 m: 1530 kg/m<sup>2</sup>





Type	Area (cm <sup>2</sup> )	Self Load (Kg/m <sup>2</sup> )	Rongga
HCS 150	1.117,18	247	35,80%

Gambar 4. 3 Tipe *Hollow Core Slab* yang digunakan



Gambar 4. 4 Potongan Melintang *Hollow Core Slab*

Dan digunakan *Hollow Core Slab* dengan tebal 152,4 mm jumlah wire 14 dan diameter wire sebesar 7 mm.

#### 4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

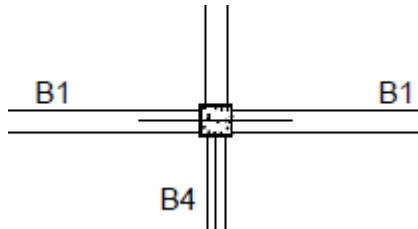
Dalam menentukan dimensi kolom, diperlukan peninjauan pada kolom yang memikul beban yang paling besar, yaitu kolom yang memikul bentang 8 m x 8 m

Berdasarkan SNI 2847:2013 kolom harus direncanakan untuk dapat memikul beban aksial yang berasal dari beban terfaktor yang bekerja pada kolom yang ditinjau. Tak hanya itu, kolom juga harus dapat memikul momen maksimum pada satu bentang yang terdekat dari lantai yang ditinjau. Berikut merupakan data data yang digunakan untuk menentukan dimensi kolom:

1. Tebal Pelat HCS : 15 cm
2. Tinggi Basement : 4 m

3. Tinggi Lantai 1 : 4 m

4. Tinggi Lantai 2-29 : 4 m



Gambar 4. 5 Kolom yang Memikul Beban Terbesar

Berdasarkan Gambar 4.5 kolom yang ditinjau memikul luasan struktur sebesar 8m x 4m. Pembebanan pada kolom merupakan beban lantai yang terjadi. Untuk efisiensi dimensi digunakan variasi dimensi untuk tiap 5 lantai.

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

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

$$A_{TT} = (2+2) \text{ m} \times (4+4) \text{ m} = 32 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} = 4$$

$$K_{LL} \times A_{TT} = 4 \times 32 \text{ m}^2 = 128 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$R_1 = 1,2 - (0,011 \times 32) = 0,848 \text{ (untuk } 18,58 \text{ m}^2 \geq A_T \geq 55,74 \text{ m}^2)$$

$$R_2 = 1$$

$$L_r = L_o \cdot R_1 \cdot R_2 = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

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

- Reduksi beban hidup pelat lantai kelas

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

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

$$L = 1,92 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{128}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 1,2555 \text{ kN/m}^2 \geq 0,768 \text{ kN/m}^2$$

Berikut merupakan perhitungan dimensi kolom , dapat dilihat pada

**Tabel 4.5 – Tabel 4.16:**

Tabel 4. 3 Pembebanan pada Kolom Lantai Atap

PELAT ATAP								
Beban	Berat Sendiri	Unit	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai Atap (HCS (15cm)	247	kg/m3	8	4	0.15	1	1185,6	kg
Plafon + Penggantung	18	kg/m2	8	4		1	576	kg
Spesi (2 cm)	42	kg/m2	8	4		1	1344	kg
Aspal	14	kg/m2	8	4		1	448	kg
Balok B1	2400	kg/m3	0,45	4	0,6	1	2592	kg
Balok B1	2400	kg/m3	0,45	4	0,6	1	2592	kg
Balok B1	2400	kg/m3	0,45	4	0,6	1	2592	kg
Balok B4	2400	kg/m3	0,45	2	0,6	1	1296	kg
Balok BA1	2400	kg/m3	0,4	4	0,65	1	2496	kg
Balok BA1	2400	kg/m3	0,4	4	0,65	1	2496	kg
Ducting + Plumbing	30	kg/m2	8	4		1	960	kg
WD							18578	kg
Beban Hidup								
Lantai Atap	81,408	kg/m2	8	4		1	2605,1	kg
WL							2605,1	kg

Tabel 4. 4 Pembebanan pada Kolom Lantai 29-25

Pelat Lantai 29-25								
Beban Mati	Berat Sendiri	Unit	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai (HCS 15 cm)	247	kg/m <sup>2</sup>	8	4	0,15	5	5928	kg
plafond	11	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1760	kg
Penggantung plafond	7	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1120	kg
Tegel	24	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	3840	kg
Spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	6720	kg
Dinding Batu Bata	250	kg/m <sup>2</sup>	12		3,9	5	58500	kg
Ducting + Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	4800	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B7	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	2	0,4	5	2880	kg
Balok BA2	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
WD							135948	kg
<b>Beban Hidup</b>								kg
Lantai	125,555472	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	20088,88	kg
WL							20088,88	kg
WD Total							151117,6	kg
WL Total							22693,93	kg

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total terfaktor} &= 1.2 \times DL + 1.6 \times LL \\
 &= 1.2 \times 135.948 \text{ Kg} + 1.6 \times 20.088 \text{ Kg} \\
 &= 217.651,41 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kolom :

$$A = \frac{W}{\Phi \times f_c'} = 1632,385$$

$$b = \sqrt{0.01632m^2} = 0.404 \text{ m} = 40,4\text{cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan kolom dengan dimensi 45cm x 45cm

Tabel 4. 5 Berat Kolom yang Digunakan

Beban mati	Berat sendiri	Unit	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	berat (kg)
kolom yang digunakan	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,45	3,9	0,45	5	9477

Tabel 4. 6 Pembebanan pada Kolom Lantai 24-20

Pelat Lantai 24-20								
Beban Mati	Berat Sendiri	Unit	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	247	kg/m <sup>2</sup>	8	4	0,15	5	5928	kg
Plafond	11	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1760	kg
Penggantung plafond	7	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1120	kg
Tegel	24	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	3840	kg
Spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	6720	kg
Dinding Batu Bata	250	kg/m <sup>2</sup>	12	-	3,9	5	58500	kg
Ducting + Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	4800	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	2	0,4	5	2880	kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
WD							135948	kg
<b>Beban Hidup</b>								kg
Lantai Kelas	125,555472	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	20088,88	kg
WL							20088,88	kg
WD Total							135948	kg
WL Total							20088,88	kg

Berat total terfaktor

$$= 1.2 \times DL + 1.6 LL + W_{\text{lantai Sebelumnya}} + W_{\text{kolom}}$$

$$= 422.408,211 \text{ kg}$$

$$A = \frac{W}{\Phi \times f'c} = 3168,061$$

$$b = \sqrt{0.03168m^2} = 0.5628 \text{ m} = 56,28\text{cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan kolom dengan dimensi 60x60

Tabel 4. 7 Berat Kolom yang Digunakan

Beban mati	Berat sendiri	Unit	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	berat (kg)
kolom yang digunakan	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,6	3,9	0,6	5	16848

Tabel 4. 8 Pembebanan pada Kolom Lantai 19-15

Pelat Lantai 19-15								
Beban Mati	Berat Sendiri	Unit	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	247	kg/m <sup>2</sup>	8	4	0,15	5	5928	kg
Plafond	11	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1760	kg
Penggantung Plafond	7	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1120	kg
Tegel	24	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	3840	kg
Spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	6720	kg
Dinding Batu Bata	250	kg/m <sup>2</sup>	12	-	3,9	5	58500	kg
Ducting + Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	4800	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	2	0,4	5	2880	kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
WD							135948	kg
<b>Beban Hidup</b>								
Lantai Kelas	125,555472	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	20088,88	kg
WL							20088,88	kg
WD Total							135948	kg
WL Total							20088,88	kg

$$W = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL} + W_{\text{lantai sebelumnya}} + W_{\text{kolom}}$$

$$W = 634536,0119$$

$$F'c = 40 \text{ Mpa}$$

$$= 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 4759,020089$$

$$b=h$$

$$b = 68,98565133 = 70 \text{ cm}$$

$$h = 68,98565133 = 70 \text{ cm}$$

Tabel 4. 9 Berat Kolom yang Digunakan

Beban mati	Berat sendiri	Unit	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	berat (kg)
kolom yang digunakan	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,7	3,9	0,7	5	22932

Tabel 4. 10 Pembebanan pada Kolom Lantai 14-10

Pelat Lantai 14-10								
Beban Mati	Berat Sendiri	unit	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	247	kg/m <sup>2</sup>	8	4	0,15	5	5928	kg
Plafond	11	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1760	kg
Penggantung Plafond	7	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1120	kg
Tegel	24	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	3840	kg
Spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	6720	kg
Dinding Batu Bata	250	kg/m <sup>2</sup>	12	-	3,9	5	58500	kg
Ducting + Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	4800	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	2	0,4	5	2880	kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760	kg
WD							135948	kg
Beban Hidup								kg
Lantai Kelas	125,555472	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	20088,88	kg
WL							20088,88	kg
WD Total							135948	kg
WL Total							20088,88	kg

$$W = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL} + \text{Wlantai sebelumnya} + \text{Wkolom}$$

$$W = 873222,8127$$

$$F'c = 40 \text{ Mpa}$$

$$= 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 6549,171095$$

$$b=h$$

$$b = 80,92694913 = 80 \text{ cm}$$

$$h = 80,92694913 = 80 \text{ cm}$$

Tabel 4. 11 Berat Kolom yang Digunakan

Beban mati	Berat sendiri	Unit	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	berat (kg)
kolom yang digunakan	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,8	3,9	0,8	5	29952

Tabel 4. 12 Pembebanan pada Kolom Lantai 9-5

Pelat Lantai 9-5								
Beban Mati	Berat Sendiri	unit	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	247	kg/m2	8	4	0,15	5	5928	kg
Plafond	11	kg/m2	8	4	-	5	1760	kg
Penggantung Plafond	7	kg/m2	8	4	-	5	1120	kg
Tegel	24	kg/m2	8	4	-	5	3840	kg
Spesi (2 cm)	42	kg/m2	8	4	-	5	6720	kg
Dinding Batu Bata	250	kg/m2	12	-	3,9	5	58500	kg
Ducting + Plumbing	30	kg/m2	8	4	-	5	4800	kg
Balok B1	2400	kg/m2	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m3	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B1	2400	kg/m3	0,45	4	0,6	5	12960	kg
Balok B7	2400	kg/m3	0,3	2	0,4	5	2880	kg
Balok BA1	2400	kg/m2	0,3	4	0,4	5	5760	kg
Balok BA1	2400	kg/m2	0,3	4	0,4	5	5760	kg
WD							135948	kg
<b>Beban Hidup</b>								
Lantai Kelas	125,555472	kg/m2	8	4	-	5	20088,88	kg
WL							20088,88	kg
WD Total							135948	kg
WL Total							20088,88	kg

$$W = 1,2 WD + 1,6WL + W_{\text{lantai sebelumnya}} + W_{\text{kolom}}$$

$$W = 1077979,613$$

$$F'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$= 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 8084,8471 \text{ cm}^2$$

$$b=h$$

$$b = 89,9157778 = 90 \text{ cm}$$

$$h = 89,9157778 = 90 \text{ cm}$$

Tabel 4. 13 Berat Kolom yang Digunakan

Beban mati	Berat sendiri	Unit	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	berat (kg)
kolom yang digunakan	2400	kg/m2	0,9	3,9	0,9	5	37908



Tabel 4. 14 Pembebanan pada Kolom Lt. 4-1

Pelat Lantai 4-1							
Beban Mati	Berat Sendiri	unit	b	l	t	Lantai	Berat Satuan
Pelat Lantai	247	kg/m <sup>2</sup>	8	4	0,15	5	5928 kg
Plafond	11	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1760 kg
Penggantung Plafond	7	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	1120 kg
Tegel	24	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	3840 kg
Spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	6720 kg
Dinding Batu Bata	250	kg/m <sup>2</sup>	12	-	3,9	5	58500 kg
Ducting + Plumbing	30	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	4800 kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,45	4	0,6	5	12960 kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960 kg
Balok B1	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,45	4	0,6	5	12960 kg
Balok B7	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	2	0,4	5	2880 kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760 kg
Balok BA1	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,3	4	0,4	5	5760 kg
WD							135948 kg
<b>Beban Hidup</b>							
Lantai Kelas	125,555472	kg/m <sup>2</sup>	8	4	-	5	20088,88 kg
WL							20088,88 kg
WD Total							135948 kg
WL Total							20088,88 kg

$$W = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL} + W_{\text{lantai sebelumnya}} + W_{\text{kolom}}$$

$$W = 1311167,41$$

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

$$A = 8084,847101 \text{ cm}^2$$

$$b=h$$

$$b = 99,1652944 = 100 \text{ cm}$$

$$h = 99,1652944 = 100 \text{ cm}$$

Tabel 4. 15 Berat Kolom yang digunakan

Beban mati	Berat sendiri	Unit	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	berat (kg)
kolom yang digunakan	2400	kg/m <sup>2</sup>	1	3,9	1	5	46800

#### 4.1.1 Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Perencanaan tebal dinding geser mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1. Dalam tugas akhir ini dinding geser direncanakan memiliki ketebalan yang sama sepanjang tinggi bangunan. Tebal dinding geser dapat direncanakan berdasarkan tinggi per lantai terbesar dibagi 25 atau Panjang dinding geser dibagi 25, diantara nilai tersebut dipilih yang terkecil dan tidak

boleh lebih kecil dari 100 mm. Berikut perhitungan ketebalan dinding geser :

Panjang bentang dinding	: 5,5 m
Tinggi lantai basement	: 4 m
Tinggi Lantai 1-29	: 4 m

Tebal minimum :

$$T \geq \frac{H}{25} = \frac{400}{25} = 16 \text{ cm}$$

$$T \geq \frac{L}{25} = \frac{550}{25} = 22 \text{ cm}$$

$$ldh = \frac{f_y \times db}{5,4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{400 \times 25}{5,4 \times \sqrt{45}} = 276,0578 \text{ mm}$$

$$ldh = ldh + cover = 276,0578 + 40 = 316,0578 \text{ mm}$$

Sehingga direncanakan dinding geser dengan ketebalan sebesar 500 mm, dimana ketebalan tersebut telah memenuhi syarat minimum ketebalan dinding geser.

## 4.2 Pembebanan dan Analisa Struktur

### 4.2.1 Umum

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

### 4.2.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur Gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur Gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta

memiliki total 29 lantai dengan 1 lantai basement, tinggi total gedung 120 meter.

#### 4.2.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan Gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Input beban sendiri:
 

Mutu beton ( $F'c$ )	: 45 Mpa
Mutu baja ( $F_y$ )	: 400 Mpa
Ketinggian lantai :	
Basement - Lt. 29	: 4 m (tiap lantai)
Dimensi Balok	:
Balok induk	: 50/75; 40/65
Balok anak	: 40/55
Tebal Pelat Lantai	: 15 cm
Tebal Pelat Atap	: 15 cm
Tebal Pelat Basement	: 25 cm
Dimensi Kolom	:
Basement – Lt.4	: 100/100
Lt 5 – 9	: 95/95
Lt 10 – 14	: 85/85
Lt 15-19	: 75/75
Lt 20-24	: 65/65
Lt 15-19	: 60/60
Faktor keutamaan	: 1 (gedung apartemen)

Beban mati struktur ini dikalkulasi sendiri oleh ETABS.

- Input beban hidup:
 

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

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

1,14 kN/m<sup>2</sup>

- Input beban mati tambahan pada pelat atap:

Penggantung	: 0,07 kN/m <sup>2</sup>
Plafond	: 0,11 kN/m <sup>2</sup>
Spesi (t = 2 cm)	: 0,42 kN/m <sup>2</sup>
Aspal (t = 1 cm)	: 0,14 kN/m <sup>2</sup>
Ducting & Plumbing	: <u>0,15 kN/m<sup>2</sup></u>
	0,89 kN/m <sup>2</sup>

Pembebanan yang diinput pada ETABS haruslah mendekati perhitungan manual ( $\pm 5\%$ ) sehingga pembebanan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Berikut merupakan rasio selisih pembebanan gravitasi yang didapat dari ETABS dan Manual (Tabel 4.18).

Tabel 4. 16 Rasio Selisih Pembebanan ETABS dan Manual

Perhitungan Manual Pembebanan Gravitasi Struktur		
SuperDead	56348,416	kN
Dead	316633,7582	kN
Live	50749,44	kN
Manual	423731,6142	kN
ETABS	429792,8966	kN
Rasio	1,430453182	%

Perhitungan rasio selisih pembebanan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= W_{\text{etabs}} / W_{\text{manual}} - 1 \\ &= (429792,8966 / 423731,6142) - 1 \\ &= 1,430453\% \leq 5\% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah benar.

#### 4.2.4 Pembebanan Gempa Dinamis

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

#### 4.2.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

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

Gambar 4. 6 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber: SNI 1726:2012. Tabel 4)

#### 4.2.4.2 Kelas Situs

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

$$N_{rerata} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}}$$

Dengan

- $N_i$  = nilai N-SPT pada lapis ke-i tanpa koreksi
- $d_i$  = tebal lapis ke i

Tabel 4. 17 Perhitungan Data Tanah untuk Menentukan Kelas Situs

Penentuan Kelas Situs				
Lapisan	Kedalaman	Tebal	N	Tebal/N
1	-3	0	0	0
2	-6	3	1	3
3	-9	3	1	3
4	-12	3	1	3

5	-15	3	2	1,5
6	-18	3	3	1
7	-21	3	10	0,3
8	-24	3	20	0,15
9	-27	3	26	0,115385
10	-30	3	29	0,103448
11	-33	3	50	0,06
12	-36	3	50	0,06
13	-39,5	3,5	31	0,112903
Jumlah		36,5		12,40174

$$\bar{N} = \frac{36,5}{12,4} = 2,943$$

Mengacu pada tabel 3 SNI 1726:2012, dengan nilai  $\bar{N} = 2,943$ , lokasi bangunan berada pada kelas situ SE (Tanah lunak).

#### 4.2.4.3 Parameter Respons *Spectral* dan Percepatan *Spectral* Desain

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

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

Tabel 4. 18 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain.

PGA	0,349
SS	0,657
S1	0,289
FPGA	1,054
Fa	1,386
Fv	2,843
SMS	0,911
SM1	0,822

Sds	0,607
Sd1	0,548
To	0,181
Ts	0,903

Parameter percepatan spektra ditentukan berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.3. Berikut merupakan perhitungan percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ):

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,386 \times 0,657 = 0,911$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,843 \times 0,289 = 0,822$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,911 = 0,607$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,822 = 0,548$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh percepatan periode pendek ( $S_{DS}$ ) sebesar 0,607 g dan untuk percepatan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) sebesar 0,548 g.

#### 4.2.4.4 Kategori Desain Seismik

Penentuan kategori desain seismik dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 6. Untuk nilai  $S_{DS}$  sebesar 0,607 dan  $S_{D1}$  sebesar 0,548 dengan kategori risiko bangunan II, maka kategori desain seismik termasuk dalam kategori D. Pada tugas akhir ini, struktur yang digunakan ialah sistem ganda dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser beton bertulang khusus.

#### 4.2.4.5 Periode Fundamental dan Spektrum Respon Desain

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

$$T < T_0, S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$T_0 \leq T \leq T_s, S_a = S_{DS}$$

$$T > T_s, S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

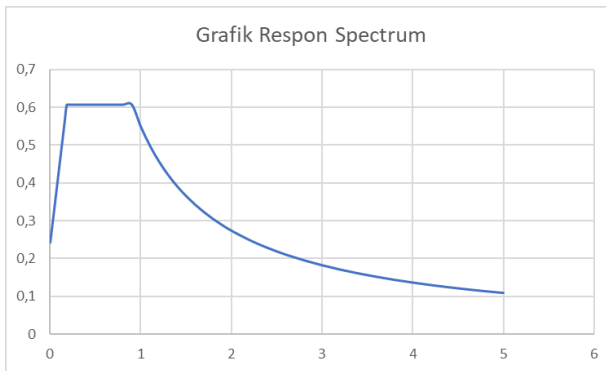
Dengan,

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.548g}{0.607g} = 0,18056 \text{ s}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.548g}{0.607g} = 0,9028 s$$

Tabel 4. 19 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra

T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)
0	0,243	0,24	0,607	1,1	0,502	2,6	0,212
0,02	0,283	0,26	0,607	1,2	0,460	2,8	0,197
0,04	0,323	0,28	0,607	1,3	0,425	3	0,184
0,06	0,363	0,3	0,607	1,4	0,394	3,2	0,173
0,08	0,403	0,4	0,607	1,5	0,368	3,4	0,162
0,1	0,443	0,5	0,607	1,6	0,345	3,6	0,153
0,12	0,483	0,6	0,607	1,7	0,325	3,8	0,145
0,14	0,523	0,7	0,607	1,8	0,307	4	0,138
0,16	0,563	0,8	0,607	1,9	0,291	4,2	0,131
0,18	0,603	0,9	0,607	2	0,276	4,4	0,125
0,182	0,607	0,909	0,607	2,2	0,251	4,6	0,120
0,2	0,607	1	0,552	2,4	0,230	4,8	0,115



Gambar 4. 7 Grafik Respon Spektrum Jakarta

#### 4.2.4.6 Koefisien Modifikasi Response

Struktur Gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta direncanakan akan menggunakan sistem ganda. Untuk memperoleh <sup>a</sup> (Koefisien Modifikasi Respon),  $\Omega_0^g$  (Faktor Kuat Lebih Sistem), dan  $C_d^b$  (Faktor Pembesaran Defleksi), tabel 9 pada SNI 1726-2012 akan digunakan.

Dengan kategori desain seismik D, diperoleh :

$$R^a = 7$$



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

$$C_d^b = 5,5$$

#### 4.2.4.7 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

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

$$T_a = C_t h_n^x = 0,0466 \times 120^{0,9} = 3,645 \text{ detik.}$$

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

Dari nilai  $S_{D1} = 0,548$ , didapatkan koefisien  $C_u = 1.4$ . Maka nilai  $C_u.T_a$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_u.T_a &= 1.4 \times 3,645 \\ &= 4,85 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai  $T$  yang didapat dari program bantu ETABS seperti pada **Tabel 4.22**.

Tabel 4. 20 Modal Periode dan Frekuensi

Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	5,561	0,18	1,1299	1,2766
Modal	2	5,145	0,194	1,2212	1,4914
Modal	3	3,924	0,255	1,6011	2,5635
Modal	4	1,722	0,581	3,6494	13,3178
Modal	5	1,554	0,643	4,043	16,3461
Modal	6	1,204	0,831	5,2205	27,2538
Modal	7	0,879	1,138	7,1487	51,1033
Modal	8	0,786	1,272	7,9933	63,8936
Modal	9	0,61	1,638	10,2941	105,9686
Modal	10	0,543	1,841	11,5645	133,7371
Modal	11	0,492	2,034	12,7816	163,369
Modal	12	0,374	2,67	16,7787	281,5258
Modal	13	0,37	2,701	16,9723	288,0594
Modal	14	0,341	2,936	18,4502	340,4105
Modal	15	0,27	3,703	23,2635	541,1912
Modal	16	0,256	3,913	24,5844	604,3916
Modal	17	0,252	3,962	24,8936	619,6895
Modal	18	0,208	4,813	30,2427	914,6199
Modal	19	0,197	5,083	31,9364	1019,935
Modal	20	0,188	5,332	33,4995	1122,2151
Modal	21	0,166	6,03	37,8901	1435,6619
Modal	22	0,159	6,305	39,6158	1569,4127
Modal	23	0,145	6,88	43,2253	1868,4292
Modal	24	0,137	7,322	46,0044	2116,4039
Modal	25	0,132	7,597	47,731	2278,2436
Modal	26	0,117	8,551	53,7289	2886,7978
Modal	27	0,115	8,674	54,4994	2970,1847
Modal	28	0,112	8,949	56,2256	3161,3225
Modal	29	0,099	10,067	63,254	4001,0663
Modal	30	0,097	10,291	64,661	4181,047

Periode struktur terbesar yang didapat dari analisa ETABS adalah 1,896 detik, maka:

$$T_a < T < C_u \cdot T_a$$

$$3,464 < 5,561 < 4,85 \text{ (NOT OK)}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa perioda fundamental yang dapat dipakai adalah 5,561.

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

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

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

Dimana:

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

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$C_s = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,086714$$

Dan nilai  $C_s$  tidak lebih dari:

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

Dimana:

$$S_{D1} = 0,548$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$T = 2,477$$

$$C_{smax} = \frac{0,548}{2,477 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,031604$$

Dan nilai  $C_s$  tidak kurang dari:

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

$$C_s = 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 = 0,0267 \geq 0,01$$

Maka nilai  $C_s$  diambil **0,0316**

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk gedung 1 *Park* sebesar 0,3 (SNI 1726:2012), sehingga didapatkan berat seismik efektif bangunan ( $W$ ) sebesar 379.707,5502 kN.

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

$$V = C_s \cdot W$$

dimana:

$$C_s = 0,0316$$

$$W (1DL+1SDL+0,3LL) = 379.707,5502 \text{ kN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$= 0,0316 \times 379707,5502$$

$$= 12.000,46181 \text{ kN}$$

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

Tabel 4. 21 Perhitungan Gaya Geser tiap Lantai

Story	Nama Lantai	Elevasi hi (m)	t (m)	W	Wi x hi	Proporsi	Fi
				kN	kNm	(%)	kN
Story 1	L1	4	4	13833,68	55334,72	0,2454153	13579,9871
Story 2	L2	8	4	13833,68	110669,44	0,49083061	54319,9483
Story 3	L3	12	4	13833,68	166004,16	0,73624591	122219,884
Story 4	L4	16	4	13833,68	221338,88	0,98166121	217279,793
Story 5	L5	20	4	13539,92	270798,4	1,20101938	325234,128
Story 6	L6	24	4	13305,92	319342,08	1,41631571	452289,205
Story 7	L7	28	4	13305,92	372565,76	1,65236833	615615,862
Story 8	L8	32	4	13305,92	425789,44	1,88842095	804069,698
Story 9	L9	36	4	13305,92	479013,12	2,12447357	1017650,71
Story 10	L10	40	4	13363,52	534540,8	2,37074467	1267259,75
Story 11	L11	44	4	13363,52	587994,88	2,60781913	1533384,3
Story 12	L12	48	4	13363,52	641448,96	2,8448936	1824854,04
Story 13	L13	52	4	13363,52	694903,04	3,08196807	2141668,98
Story 14	L14	56	4	13363,52	748357,12	3,31904253	2483829,11
Story 15	L15	60	4	12489,92	749395,2	3,32364653	2490724,75
Story 16	L16	64	4	12489,92	799354,88	3,54522296	2833891,28
Story 17	L17	68	4	12489,92	849314,56	3,7667994	3199197,57
Story 18	L18	72	4	12489,92	899274,24	3,98837583	3586643,65
Story 19	L19	76	4	12489,92	949233,92	4,20995227	3996229,49
Story 20	L20	80	4	12545,6	1003648	4,45128444	4467522,72
Story 21	L21	84	4	12545,6	1053830,4	4,67384866	4925443,8
Story 22	L22	88	4	12545,6	1104012,8	4,89641288	5405702,49
Story 23	L23	92	4	12545,6	1154195,2	5,1189771	5908298,8
Story 24	L24	96	4	12545,6	1204377,6	5,34154132	6433232,72
Story 25	L25	100	4	12017,36	1201736	5,32982555	6405043,24
Story 26	L26	104	4	12017,36	1249805,44	5,54301857	6927694,76
Story 27	L27	108	4	12017,36	1297874,88	5,75621159	7470842,43
Story 28	L28	112	4	12017,36	1345944,32	5,96940461	8034486,23
Story 29	L29	116	4	12017,36	1394013,76	6,18259764	8618626,18
Story 30	Atap	120	4	5527,23	663267,629	2,94166169	1951108,97
<b>Total</b>				<b>379707,6</b>	<b>22547379,6</b>	<b>100</b>	<b>95527944,5</b>

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85.V/V_t$  (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut (**Tabel 4.18**):

Tabel 4. 22 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
Dead	0	0	316244,8966
Live	0	0	49390,08
Super Dead	0	0	64157,92
Gempa X Max	8591,8423	2811,9746	0
Gempa Y Max	2577,5527	9373,2486	0
1D + 0,3L	0	7,622E-07	395219,8406

$$V_s = 12000,46181 \text{ kN}$$

$$V_{xt} = 8591,8423 \text{ kN}$$

$$V_{yt} = 9373,2486 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85.V_s$$

$$8591,8423 \text{ kN} > 0,85 \times 12.000,5 \text{ kN}$$

$$8591,8423 \text{ kN} < 10200,39254 \text{ kN} \text{ (Not OK)}$$

Maka untuk arah y,

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

$$9373,2486 \text{ kN} > 0,85 \times 12.000,5 \text{ kN}$$

$$9373,2486 \text{ kN} > 10200,39254 \text{ kN} \text{ (Not OK)}$$

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

Arah x:

$$\frac{0.85 V}{V_{xt}} = \frac{10200,39254}{8591,8423} = 1,1872$$

Arah y:

$$\frac{0.85 V}{V_{yt}} = \frac{10200,39254}{9373,2486} = 1,0882$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah sesuai **Tabel 4.19**.

Tabel 4. 23 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah *Scale Factor*

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
Dead	0	0	316244,8966
Live	0	0	49390,08
Super Dead	0	0	64157,92
Gempa X Max	10200,3925	3338,4164	0
Gempa Y Max	2805,0093	10200,3925	0
1D + 0,3L	0	7,622E-07	395219,8406

$$V_s = 12000,5 \text{ kN}$$

$$V_{xt} = 10200,3925 \text{ kN}$$

$$V_{yt} = 10200,3925 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$10200,39251 \text{ kN} > 0,85 \times 12000,5 \text{ kN}$$

$$10200,3925 \text{ kN} > 10200,392 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Maka untuk arah y,

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

$$10200,393 \text{ kN} > 0,85 \times 12000,5 \text{ kN}$$

$$10200,3925 \text{ kN} > 10200,392 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Ternyata hasil dari running ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya

geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

#### 4.2.4.9 Kontrol Sistem Ganda

Sistem rangka pemikul momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan *shear wall*. Hasil Rekapitulasi Kontrol system ganda dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4. 24 Kontrol Sistem Ganda

	Gempa X		Gempa Y	
	Fx	%	Fy	%
SW	9722,903	73,72008	8992,297	72,74965
SRPM	3466,045	26,27992	3368,309	27,25035
	13188,95	100	12360,61	100

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

#### 4.2.4.10 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90% (Tabel 4.29)

Tabel 4. 25 Jumlah Partisipasi Massa Dalam Menghasilkan Respon

Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		sec		
Modal	1	5,561	0,7177	0
Modal	2	5,145	0,7177	0,7052
Modal	3	3,924	0,7177	0,7052

Modal	4	1,722	0,8442	0,7052
Modal	5	1,554	0,8442	0,8453
Modal	6	1,204	0,8442	0,8453
Modal	7	0,879	0,8934	0,8453
Modal	8	0,786	0,8934	0,8968
Modal	9	0,61	0,8934	0,8968
Modal	10	0,543	0,9215	0,8968
Modal	11	0,492	0,9215	0,9246
Modal	12	0,374	0,9216	0,9246
Modal	13	0,37	0,9396	0,9246
Modal	14	0,341	0,9396	0,942
Modal	15	0,27	0,9523	0,942
Modal	16	0,256	0,9523	0,942
Modal	17	0,252	0,9523	0,9543
Modal	18	0,208	0,9615	0,9543
Modal	19	0,197	0,9615	0,963
Modal	20	0,188	0,9615	0,963
Modal	21	0,166	0,9685	0,963
Modal	22	0,159	0,9685	0,9697
Modal	23	0,145	0,9685	0,9697
Modal	24	0,137	0,974	0,9697
Modal	25	0,132	0,974	0,9749
Modal	26	0,117	0,974	0,9749
Modal	27	0,115	0,9783	0,9749
Modal	28	0,112	0,9783	0,979
Modal	29	0,099	0,9817	0,979
Modal	30	0,097	0,9817	0,979

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk



arah X dan arah Y pada mode 11, maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

#### 4.2.4.11 Kontrol Drift

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

Tabel 4. 26 Batas Simpangan Gedung

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

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

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan di atas.

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= 0.02 \times h_{sx} \\ &= 0.02 \times 4000 = 80 \text{ mm (Lantai Basement - 29)}\end{aligned}$$

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

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

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

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan  $\delta_i$  sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada **Tabel 4.31** dan **Tabel 4.32**.

Tabel 4. 27 Kontrol Drift Arah X

Story	Tinggi Lantai	Displacement X (mm)	$\delta x$ (mm)	Pembesaran	$\delta$ ijin (mm)	KET
30	4	218,3	4,6	25,3	80	OK
29	4	213,7	4,9	26,95	80	OK
28	4	208,8	5,1	28,05	80	OK
27	4	203,7	5,5	30,25	80	OK
26	4	198,2	5,7	31,35	80	OK
25	4	192,5	6,1	33,55	80	OK
24	4	186,4	6,5	35,75	80	OK
23	4	179,9	6,7	36,85	80	OK
22	4	173,2	7	38,5	80	OK
21	4	166,2	7,4	40,7	80	OK
20	4	158,8	7,6	41,8	80	OK
19	4	151,2	7,9	43,45	80	OK
18	4	143,3	8,2	45,1	80	OK
17	4	135,1	8,3	45,65	80	OK
16	4	126,8	8,6	47,3	80	OK
15	4	118,2	8,8	48,4	80	OK
14	4	109,4	8,8	48,4	80	OK
13	4	100,6	9,1	50,05	80	OK
12	4	91,5	9,1	50,05	80	OK
11	4	82,4	9,2	50,6	80	OK
10	4	73,2	9,2	50,6	80	OK
9	4	64	9,2	50,6	80	OK
8	4	54,8	9,1	50,05	80	OK
7	4	45,7	8,9	48,95	80	OK
6	4	36,8	8,6	47,3	80	OK
5	4	28,2	8,2	45,1	80	OK
4	4	20	7,3	40,15	80	OK
3	4	12,7	6,2	34,1	80	OK
2	4	6,5	4,5	24,75	80	OK
1	4	2	2	11	80	OK

Tabel 4. 28 Kontrol Drift Arah Y

Story	Tinggi Lantai	Displacement Y (mm)	$\delta y$ (mm)	Pembesaran	$\delta$ ijin (mm)	KET
30	4	182,9	4,6	25,3	80	OK
29	4	178,3	4,8	26,4	80	OK
28	4	173,5	5	27,5	80	OK
27	4	168,5	5,2	28,6	80	OK
26	4	163,3	5,4	29,7	80	OK
25	4	157,9	5,7	31,35	80	OK
24	4	152,2	5,8	31,9	80	OK
23	4	146,4	6,1	33,55	80	OK
22	4	140,3	6,3	34,65	80	OK
21	4	134	6,5	35,75	80	OK
20	4	127,5	6,6	36,3	80	OK
19	4	120,9	6,8	37,4	80	OK
18	4	114,1	6,9	37,95	80	OK
17	4	107,2	7	38,5	80	OK
16	4	100,2	7,1	39,05	80	OK
15	4	93,1	7,2	39,6	80	OK
14	4	85,9	7,2	39,6	80	OK
13	4	78,7	7,3	40,15	80	OK
12	4	71,4	7,3	40,15	80	OK
11	4	64,1	7,3	40,15	80	OK
10	4	56,8	7,3	40,15	80	OK
9	4	49,5	7,1	39,05	80	OK
8	4	42,4	7,1	39,05	80	OK
7	4	35,3	6,9	37,95	80	OK
6	4	28,4	6,6	36,3	80	OK
5	4	21,8	6,2	34,1	80	OK
4	4	15,6	5,6	30,8	80	OK
3	4	10	4,8	26,4	80	OK
2	4	5,2	3,6	19,8	80	OK
1	4	1,6	1,6	8,8	80	OK

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

#### 4.2.4.12 Analisa Eksentrisitas

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

$$e_x = e_{0x} + (0.05 B_x)$$

$$e_y = e_{0y} + (0.05 B_y)$$

dimana:

$e_{0x}$  dan  $e_{0y}$  adalah eksentrisitas bawaan gedung

$0.05 B_x$  dan  $0.05 B_y$  adalah eksentrisitas tak terduga

$B_x$  adalah panjang gedung arah x

$B_y$  adalah panjang gedung arah y

Eksentrisitas bawaan dihitung dengan mengurangi pusat kekakuan dengan pusat massa. Sebagai contoh pada lantai 1, pusat kekakuan arah X dikurangi pusat massa arah X memberikan nilai +0,193. Nilai tersebut berarti pusat kekakuan berada 0,193 lebih jauh dari pusat massa, relatif terhadap titik 0,0 (Pusat kekakuan lebih jauh dari pusat massa). Sementara tanda negatif, contohnya pada lantai 2, menunjukan bahwa pusat kekakuan lebih dekat dengan titik 0,0. Berdasarkan hasil dari ETABS maka didapatkan eksentrisitas bawaan pada Tabel 4.33

Tabel 4. 29 Perhitungan Eksentrisitas Bawaan dari Pusat Kekakuan dan Pusat Masa Tiap Lantai

Story	XCM	YCM	XCCM	YCCM	XCR	YCR
	m	m	m	m	m	m
ATAP	16,2217	18,591	16,2217	18,591	16	18,215
LT. 29	16,179	18,554	16,179	18,554	16	18,2203
LT. 28	16,179	18,554	16,179	18,554	16	18,2253
LT. 27	16,179	18,554	16,179	18,554	16	18,2304
LT. 26	16,179	18,554	16,179	18,554	16	18,2354
LT. 25	16,179	18,554	16,179	18,554	16	18,2402
LT. 24	16,1785	18,5536	16,1785	18,5536	16	18,2447
LT. 23	16,1761	18,5516	16,1761	18,5516	16	18,2491
LT. 22	16,1761	18,5516	16,1761	18,5516	16	18,2533
LT. 21	16,1761	18,5516	16,1761	18,5516	16	18,2574
LT. 20	16,1761	18,5516	16,1761	18,5516	16	18,2615
LT. 19	16,171	18,5472	16,171	18,5472	16	18,2655
LT. 18	16,1687	18,5453	16,1687	18,5453	16	18,2692
LT. 17	16,1687	18,5453	16,1687	18,5453	16	18,2729
LT. 16	16,1687	18,5453	16,1687	18,5453	16	18,2767
LT. 15	16,1687	18,5453	16,1687	18,5453	16	18,2804
LT. 14	16,167	18,5438	16,167	18,5438	16	18,284
LT. 13	16,1623	18,5397	16,1623	18,5397	16	18,2872
LT. 12	16,1623	18,5397	16,1623	18,5397	16	18,2906
LT. 11	16,1623	18,5397	16,1623	18,5397	16	18,2944
LT. 10	16,1623	18,5397	16,1623	18,5397	16	18,2985
LT. 9	16,1563	18,5347	16,1563	18,5347	16	18,3032
LT. 8	16,1517	18,5306	16,1517	18,5306	16	18,3074
LT. 7	16,1517	18,5306	16,1517	18,5306	16	18,3132
LT. 6	16,1517	18,5306	16,1517	18,5306	16	18,3193
LT. 5	16,1494	18,5287	16,1494	18,5287	16	18,3344
LT. 4	16,146	18,5258	16,146	18,5258	16	18,3305
LT. 3	16,146	18,5258	16,146	18,5258	16	18,3384
LT. 2	16,146	18,5258	16,146	18,5258	16	18,3457
LT.1	16,1492	18,5285	16,1492	18,5285	16	18,3268

Keterangan :

Xcm : Koordinat Pusat Massa arah X

Ycm : Koordinat Pusat Massa arah Y

Xcr : Koordinat Pusat Kekakuan arah X

Ycr : Koordinat Pusat Kekakuan arah Y

### Eksentrisitas Tak Terduga

Eksentrisitas tak terduga dihitung sebesar 5% dari bentangan struktur.

Bentang arah X = 32 m

Bentang arah Y = 32 m

Maka, 5% L<sub>x</sub> = 5% x 32 m = 1,6 m

5% L<sub>y</sub> = 5% x 32 m = 1,6 m

### Faktor pembesaran torsi dan pengecekan ketidak beraturan torsi

Menurut SNI 03-1726-2012 Ps. 7.8.4.3, struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E atau F, dimana ketidakberaturan torsi tipe 1a atau 1b terjadi seperti didefinisikan dalam Tabel 10 SNI 03-1726-2012 harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan. Karena struktur Gedung termasuk dalam kategori desain sesimik D, diperlukan kontrol terlebih dahulu terhadap ketidakberaturan torsi 1a atau 1b seperti seperti yang didefinisikan dalam Tabel 10 SNI 03-1726-2012. Faktor pembesaran (A) yang dihitung seperti berikut :

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

Dimana  $\Delta_{\max}$  merupakan simpangan maksimal pada lantai yang ditinjau, dan  $\Delta_{\text{avg}}$  merupakan rata-rata nilai simpangan max dan simpangan min.

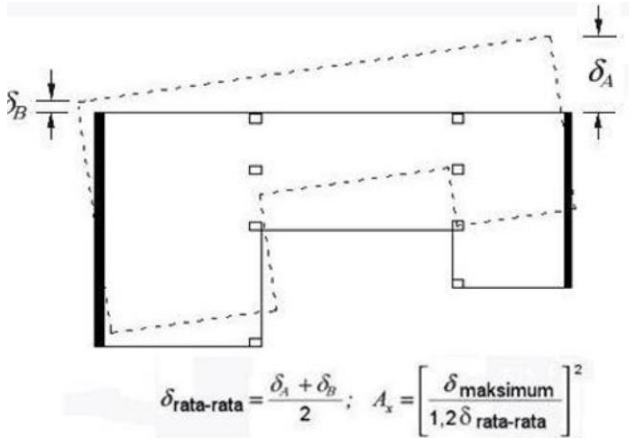
$$\Delta_{\text{avg}} = \left( \frac{\Delta_{\max} + \Delta_{\min}}{2} \right)$$

Data yang telah diperoleh tersebut selanjutnya digunakan untuk mengecek ketidakberaturan torsi berdasarkan ketentuan berikut :

$\delta_{\max} < 1,2\delta_{\text{avg}}$  → Tanpa Ketidakberaturan Torsi

$1,2\delta_{\text{avg}} \leq \delta_{\max} \leq 1,4\delta_{\text{avg}}$  → Ketidakberaturan Torsi 1a

$\delta_{\max} > 1,4\delta_{\text{avg}}$  → Ketidakberaturan Torsi 1b



Gambar 4. 8 Faktor Pembesaran Torsi Ax

Tabel 4. 30 Perhitungan Pembesaran Torsi Arah X

Lantai	$\delta_{min}$	$\delta_{max}$	$\delta_{avg}$	1,2 Avg	1,4 Avg	A	Keterangan (lihat di word adnya)	Faktor Pembesaran Torsi
ATA P	218	218	218	262	306	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 29	215	215	215	258	301	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 28	214	214	214	256	299	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 27	209	209	209	251	292	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 26	204	204	204	244	285	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 25	198	198	198	238	277	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 24	193	193	193	231	270	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 23	186	186	186	224	261	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 22	180	180	180	216	252	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 21	173	173	173	208	242	0,7	Tanpa Torsi	1

LT. 20	159	159	159	191	222	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 19	151	151	151	181	212	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 18	143	143	143	172	201	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 17	135	135	135	162	189	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 16	127	127	127	152	178	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 15	118	118	118	142	165	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 14	109	109	109	131	153	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 13	101	101	101	121	141	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 12	91,5	91,5	92	110	128	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 11	82,4	82,4	82	98,9	115	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 10	73,2	73,2	73	87,8	102	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 9	64	64	64	76,8	90	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 8	54,8	54,8	55	65,8	77	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 7	45,7	45,7	46	54,8	64	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 6	36,8	36,8	37	44,2	52	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 5	28,2	28,2	28	33,8	39	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 4	20	20	20	24	28	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 3	12,7	12,7	13	15,2	18	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 2	6,5	6,5	6,5	7,8	9,1	0,7	Tanpa Torsi	1
LT.1	0,2	0,2	0,2	0,24	0,3	0,7	Tanpa Torsi	1



Tabel 4. 31 Perhitungan Pembesaran Torsi Arah Y

Lantai	$\delta_{min}$	$\delta_{max}$	$\delta_{avg}$	1,2 Avg	1,4 Avg	A	Keterangan (liat di word adnya)	Faktor Pembesaran Torsi
ATAP	183	183	183	219	256	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 29	178	178	178	214	250	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 28	174	174	174	208	243	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 27	169	169	169	202	236	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 26	163	163	163	196	229	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 25	158	158	158	189	221	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 24	152	152	152	183	213	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 23	146	146	146	176	205	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 22	140	140	140	168	196	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 21	134	134	134	161	188	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 20	128	128	128	153	179	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 19	121	121	121	145	169	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 18	114	114	114	137	160	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 17	107	107	107	129	150	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 16	100	100	100	120	140	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 15	93,1	93,1	93	112	130	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 14	85,9	85,9	86	103	120	0,7	Tanpa Torsi	1

LT. 13	78,7	78,7	79	94,4	110	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 12	71,4	71,4	71	85,7	100	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 11	64,1	64,1	64	76,9	90	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 10	56,8	56,8	57	68,2	80	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 9	49,5	49,5	50	59,4	69	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 8	42,4	42,4	42	50,9	59	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 7	35,3	35,3	35	42,4	49	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 6	28,4	28,4	28	34,1	40	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 5	21,8	21,8	22	26,2	31	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 4	15,6	15,6	16	18,7	22	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 3	10	10	10	12	14	0,7	Tanpa Torsi	1
LT. 2	5,2	5,2	5,2	6,24	7,3	0,7	Tanpa Torsi	1
LT.1	1,6	1,6	1,6	1,92	2,2	0,7	Tanpa Torsi	1

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa faktor pembesaran torsi tidak dibutuhkan karena hasil perhitungan menunjukkan  $\delta_{max} < 1,2\delta_{avg}$  sehingga tanpa ketidakberaturan torsi dan  $A < 1$  menandakan factor pembesaran torsi tidak dibutuhkan.

### Eksentrisitas Desain

Pada bagian sebelumnya telah dihitung nilai eksentrisitas tak terduga dan eksentrisitas bawaan. Selanjutnya, perlu dihitung eksentrisitas desain untuk memperoleh koordinat baru dalam mengaplikasikan beban gempa statik ekuivalen.

Eksentrisitas desain merupakan jumlah dari eksentrisitas bawaan dan eksentrisitas tak terduga yang telah dikalikan faktor pembesaran,  $A$ .

$ed_x : e_{ox} + e_{\text{bawaan arah } x} * A$

$ed_y : e_{oy} + e_{\text{bawaan arah } y} * A$

### 4.3 Struktur Sekunder

#### 4.3.1 Umum

Suatu gedung memiliki 2 komponen struktur, yaitu struktur primer dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, melainkan juga memiliki tegangan akibat pembebanan yang bekerja langsung pada bagian struktur tersebut. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perhitungan atau perancangan struktur sekunder dari gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta yang meliputi tangga, pelat lantai, balok lift, dan balok anak.

#### 4.3.2 Perencanaan Tangga

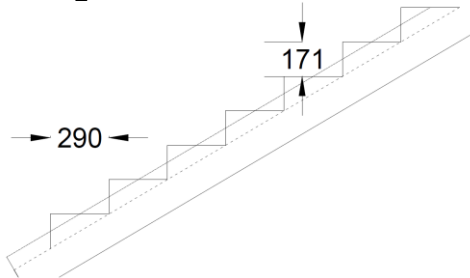
Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai struktur statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes).

##### 4.3.2.1 Data Perencanaan Tangga

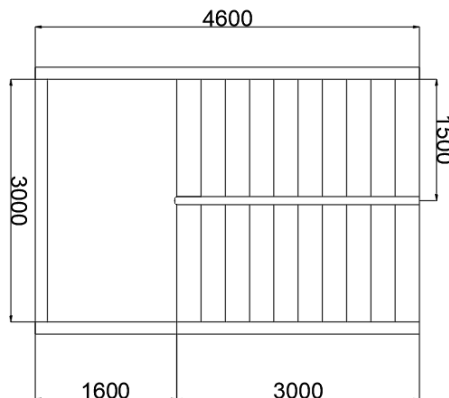
- Tinggi lantai : 400 cm
- Tinggi tanjakan (t) : 17,1 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Tebal pelat bordes : 15 cm
- Elevasi bordes : 200 cm
- Lebar bordes : 300 cm
- Panjang bordes : 160 cm
- Lebar tangga : 150 cm
- Panjang horizontal tangga : 340 cm
- Kemiringan tangga :  $\text{arc tan} \left( \frac{200}{300} \right) = 33,69^\circ$
- Panjang total : 460 cm

Cek Syarat

- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $25^\circ \leq 33,69^\circ \leq 40^\circ$  (OK)
- Tebal pelat anak tangga rata-rata  
 $\frac{i}{2} x \sin \alpha = \frac{30}{2} x \sin 33,69 = 8,3 \text{ cm}$



Gambar 4. 9 Ilustrasi Tebal Pelat Tangga



Gambar 4. 10 Ilustrasi Tampak Atas Tangga

$$T_r = 15 + 8,3 = 23,3 \text{ cm} \approx 24 \text{ cm}$$

#### 4.3.2.2 Pembebanan Anak Tangga dan Bordes

##### a. Pembebanan Tangga

###### • Beban Mati

$$\text{Pelat tangga} = \frac{0,15 \times 2400}{\cos 33,69} = 432,666 \text{ kg/m}^2$$

Tegel (t=1)	: 24 x 1	= 24	kg/m <sup>2</sup>
Spesi (t=2)	: 21 x 2	= 42	kg/m <sup>2</sup>
Sandaran/railing	:	30	kg/m <sup>2</sup>
qd	:	<hr/> 528,666 kg/m <sup>2</sup>	

- **Beban hidup**

$$q_l : 479 \text{ kg/m}^2$$

- **Kombinasi**

$$q : 1,2 \times q_d + 1,6 \times q_l$$

$$q : (1,2 \times 528,666 + 1,6 \times 479) \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 2101,2$$

kg/m

#### b. Pembebanan Bordes

- **Beban Mati**

$$\text{Pelat tangga} : 2400 \times 0,15 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel (t=1)} : 24 \times 1 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t=2)} : 21 \times 2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$q_d : \frac{\quad}{426 \text{ kg/m}^2}$$

- **Beban Hidup**

$$q_l : 479 \text{ kg/m}^2$$

- **Kombinasi**

$$q = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$q : (1,2 \times 426 + 1,6 \times 479) \times 3/2$$

$$= 1916,4 \text{ kg/m}$$

### 4.3.2.3 Perhitungan Gaya Dalam pada Tangga

#### a) Perhitungan Reaksi pada Tangga

- Reaksi Perletakan

$$\Sigma H = 0 \rightarrow H_A = 0$$

- $\Sigma M_a = 0$

$$R_c \times 4,6 - \{(q_{\text{bordes}} \times 1,6)((0,5 \times 1,6) + 3,4)\} - \{(q_{\text{tangga}} \times 3)(0,5 \times 3)\} = 0$$

$$R_c \times 4,6 - \{(1916,4 \times 1,6)((0,5 \times 1,6)+3)\} - \{(2101,2 \times 3)(0,5 \times 3)\} = 0$$

$$R_c = 4588,501 \text{ kg } (\uparrow)$$

- $\Sigma M_c = 0$ 

$$R_a \times 4,6 - \{(q_{\text{tangga}} \times 3)((0,5 \times 3)+1,6)\} - \{(q_{\text{bordes}} \times 1,6)(0,5 \times 1,6)\} = 0$$

$$R_a \times 4,6 - \{(2101,2 \times 3)((0,5 \times 3)+1,2)\} - \{(1916,4 \times 1,6)(0,5 \times 1,6)\} = 0$$

$$R_a = 4781,33 \text{ kg } (\uparrow)$$

Kontrol:

$$\Sigma V = 0$$

$$4588,501 + 4781,335 - (2101,2 \times 3) - (1916,4 \times 1,6) = 0 \quad (\text{OK})$$

## b) Perhitungan Gaya Dalam pada Tangga

- **Pada Bordes ( $0 < x < 1,2 \text{ m}$ )**
  - Gaya Normal
 
$$N = 0 \text{ kg}$$
  - Gaya Lintang
 
$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_c = -R_c + q_{\text{bordes}} \cdot x$$

$$= -4588,5017 \text{ kg}$$

$$x = 1,6 \text{ m}$$

$$D_{b_{kn}} = -R_c + q_{\text{bordes}} \cdot x$$

$$= -4588,5017 + 1916,4 \cdot 1,6$$

$$= -1522,2617 \text{ kg}$$
  - Gaya Momen
 
$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_c = R_c \cdot x - 0,5 \cdot q_{\text{bordes}} \cdot x^2$$

$$= 0 \text{ kgm}$$

$$x = 1,6 \text{ m}$$

$$M_{b_{kn}} = R_c \cdot x - 0,5 \cdot q_{\text{bordes}} \cdot x^2$$

$$= 4588,501 \cdot 1,6 - 0,5 \cdot 1916,4 \cdot 1,6^2$$

$$= 4888,6107 \text{ kgm}$$

- **Pada Tangga ( $0 < x < 3 \text{ m}$ )**

## - Gaya Normal

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

$$\begin{aligned} N_a &= -R_a \cdot \sin \alpha + q_{\text{tangga}} \cdot \sin \alpha \cdot x \\ &= -4781,335 \cdot \sin (33,69^0) \\ &= -2652,2077 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} N_{b_{kr}} &= -R_a \cdot \sin \alpha + q_{\text{tangga}} \cdot \sin \alpha \cdot x \\ &= -4781,33 \sin 33,69^0 + 2101,2 \cdot \sin 33,69^0 \cdot 3 \\ &= 1169,348 \text{ kg} \end{aligned}$$

## - Gaya Lintang

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

$$\begin{aligned} D_a &= -R_a \cdot \cos \alpha + q_{\text{tangga}} \cdot x \cdot \cos \alpha \\ &= 4781,335 \cdot \cos (33,69^0) \\ &= 4090,701 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 3,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{b_{kr}} &= -R_a \cdot \cos \alpha + q_{\text{tangga}} \cdot x \cdot \cos \alpha \\ &= -4781,33 \cdot \cos 33,69^0 + 2101,2 \cdot 3 \cdot \cos 33,69^0 \\ &= -1266,5982 \text{ kg} \end{aligned}$$

## - Gaya Momen

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

$$\begin{aligned} M_a &= R_a \cdot x - 0,5 \cdot q_{\text{tangga}} \cdot x^2 \\ &= 0 \text{ kgm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{b_{kr}} &= R_a \cdot x - 0,5 \cdot q_{\text{tangga}} \cdot x^2 \\ &= 4745,955 \cdot 3,4 - 0,5 \cdot 2047,197 \cdot 3,4^2 \\ &= 4147,387 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Pada tangga momen maksimum terjadi pada saat:

$$D_x = 0$$

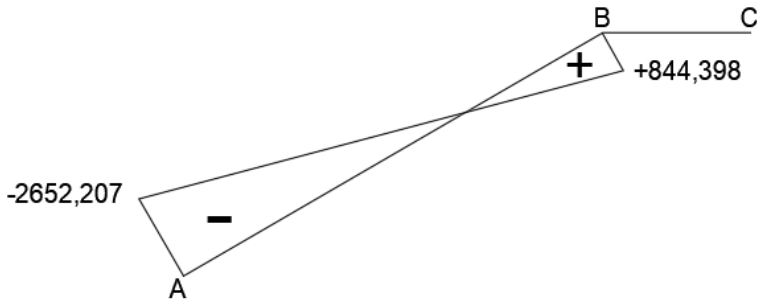
$$R_a - q_{\text{tangga}} \cdot x = 0$$

$$\begin{aligned} x &= R_a / q_{\text{tangga}} \\ &= 4781,335 / 2101,20 \\ &= 2,275 \text{ meter} \end{aligned}$$

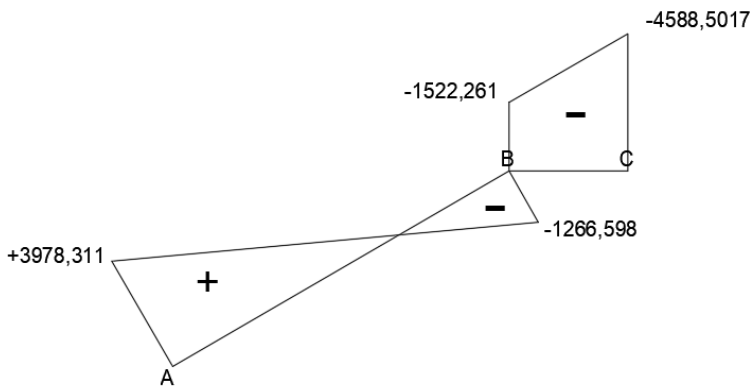
$$\begin{aligned} M_x &= R_a \cdot x - 0,5 \cdot q_{\text{tangga}} \cdot x^2 \\ &= 4781,335 \cdot 2,275 - 0,5 \cdot 2101,20 \cdot 2,275^2 \end{aligned}$$

$$= 5440,0293 \text{ kgm}$$

Berikut merupakan diagram bidang N, D, dan M dari hasil perhitungan gaya dalam struktur tangga di atas.

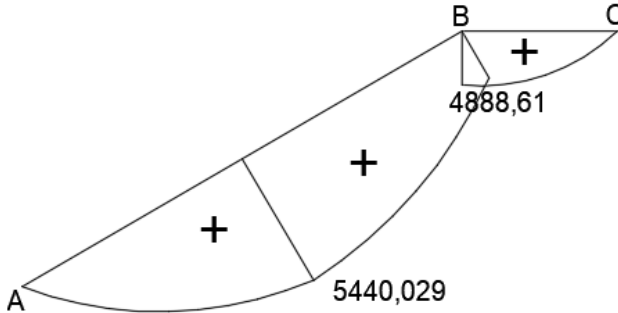


Gambar 4. 11 Gaya Dalam Bidang N pada Tangga



Gambar 4. 12 Gaya Dalam Bidang D pada Tangga





Gambar 4. 13 Gaya Dalam Bidang M pada Tangga

#### 4.3.2.4 Perhitungan Tulangan Tangga

- $f_c'$	: 40 Mpa
- $f_y$	: 400 Mpa
- Tulangan (D)	: D 16
- $d_x$	: $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$
	: $150 - 20 - (16/2)$
	: 122 mm
- $\rho_{\text{min}}$	: $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400}$
	: 0,0035 (dipakai)
- $\rho_{\text{min}}$	: $\frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y}$
	: $\frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400}$
	: 0,003953
- $\beta_1$	: $0,85 - 0,05 \frac{(F_c' - 28)}{7}$
	: $0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$
	: 0,764
- $\rho_b$	: $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
	: $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$
	: 0,0389

$$\begin{aligned}
 - \rho_{\max} & : 0,75 \times \rho_b \\
 & : 0,75 \times 0,0389 \\
 & : 0,02923 \\
 - m & : \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,765
 \end{aligned}$$

### ➤ Penulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 Mu & = 5440,0293 \text{ kgm} \\
 Rn & = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{5440,0293 \times 10^4}{0,75 \times 1000 \times 122^2} = 4,873 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho & = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 & = \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 4,863}{400}} \right) \\
 & = 0,013209 \quad (\rho_{\min} \leq \rho_{\text{pakai}} \leq \rho_{\max}, \text{ dipakai}) \\
 \text{As Perlu} & = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 & = 0,01318 \times 1000 \times 122 \\
 & = 1608,195 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D16)} & = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 & = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 & = 201,06 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{tulangan}} & = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\
 & = \frac{1611,571 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2} \\
 & = 8,015 \text{ buah} \\
 & \approx 9 \text{ buah} \\
 S & = \frac{1000}{9} = 111,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-100 mm**

### ➤ Tulangan Pembagi

$$\begin{aligned}
 \text{AS}_{\text{pakai}} & = n_{\text{tulangan}} \times \text{As (D 16)} \\
 & = 9 \times 201,06 \\
 & = 1809,6 \text{ mm}^2 \\
 \text{AS}_{\text{tul. bagi}} & = 20 \% \times \text{AS}_{\text{pakai}} \\
 & = 20\% \times 1809,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 361,9 \text{ mm}^2 \\
 A_s (D 10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,57 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{tul.bagi}} &= \frac{A_s \text{ tul.bagi}}{A_s (D10)} \\
 &= \frac{361,9 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2} \\
 &= 4,608 = 5 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{5} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Digunakan tulangan bagi D10 – 100 mm**

➤ **Penulangan Geser**

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

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

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 150 \times 122 = 196756,916 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 0,5 \phi \cdot V_c &= 0,5 \times 0,6 \times 196756,916 \text{ N} \\
 &= 59027,0748 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_u = 45885,01704 \text{ N}$$

$$45885,01704 < 59027,0748 \text{ N}$$

**Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser**

➤ **Penulangan Susut**

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b_w \times d \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 122 \\
 &= 244 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s (D 10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (D 10)} \\
 &= \frac{244 \text{ mm}^2}{78,54 \text{ mm}^2} \\
 &= 3,106 = 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

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

Digunakan tulangan susut D10-100 mm

### a. Bordes

#### ➤ Data Perencanaan Penulangan Pelat Bordes

- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 400 Mpa
- Tulangan (D) : D 16
- $d_x$  :  $t_{\text{bordes}} - \text{cover} - (D/2)$   
:  $150 - 20 - (16/2)$   
: 122 mm
- $\rho_{\min}$  :  $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400}$   
: 0,0035
- $\rho_{\min}$  :  $\frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y}$   
:  $\frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400}$   
: 0,003953 (dipakai)
- $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7}$   
:  $0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$   
: 0,764
- $\rho_b$  :  $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
:  $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$   
: 0,0389
- $\rho_{\max}$  :  $0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,02923$
- $m$  :  $\frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$

#### ➤ Penulangan Lentur

$$M_u = 4888,610 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b d^2} = \frac{4147,387 \times 10^4}{0,75 \times 1000 \times 122^2} = 3,715 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,764} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 11,764 x 3,715}{400}} \right) \\
 &= 0,01176 \quad (\rho_{\min} \leq \rho_{\text{pakai}} \leq \rho_{\min}, \text{ dipakai}) \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.001176 \times 1000 \times 122 \\
 &= 1434,969 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ (D16)} &= \frac{1}{4} x \pi x D^2 \\
 &= \frac{1}{4} x \pi x 16^2 \\
 &= 201,06 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ (D16)}} \\
 &= \frac{1434,969 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2} \\
 &= 7,136 \\
 &\approx 8 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{8} \\
 &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-100 mm**

➤ **Penulangan Bagi**

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= n_{\text{tulangan}} \times A_s \text{ (D 16)} \\
 &= 8 \times 201,06 \\
 &= 1608,5 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ tul. bagi} &= 20 \% \times A_s \text{ pakai} \\
 &= 20\% \times 1608,5 \\
 &= 321,7 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ (D 10)} &= \frac{1}{4} x \pi x 10^2 \\
 &= 78,5398 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tul.bagi} &= \frac{A_s \text{ tul.bagi}}{A_s \text{ (D10)}} \\
 &= \frac{321,7 \text{ mm}^2}{78,539 \text{ mm}^2} \\
 &= 4,096 = 5 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{5}
 \end{aligned}$$

$$= 200 \text{ mm}$$

**Digunakan tulangan bagi D 10 – 150 mm**

➤ **Penulangan Geser**

$$V_u \leq 0.5 \cdot \phi \cdot V_c$$

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

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 3000 \times 122 = 393513,832 \text{ N}$$

$$0.5 \phi \cdot V_c = 0.5 \times 0.6 \times 393513,8 \text{ N}$$

$$= 118054,1496 \text{ N}$$

$$V_u = 45885,01704 \text{ N}$$

$$45885,01704 \text{ N} < 118054,1496 \text{ N}$$

**Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser**

➤ **Penulangan Susut**

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \times b_w \times d$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 122$$

$$= 244 \text{ mm}^2$$

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

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

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

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_s_{\text{perlu}}}{A_s (\text{D } 10)}$$

$$= \frac{244 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2}$$

$$= 3,106$$

$$= 4 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{4}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

**Digunakan Tulangan susut D10-200 mm**

#### 4.3.2.5 Rekapitulasi Tulangan Tangga

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga. Untuk detail gambar dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Bagian	Nama Struktur	Tulangan						
		Lentur		Bagi		Susut		Geser
Tangga (4 m)	Pelat Tangga	D 16	- 100 mm	D 10	- 100 mm	D 10	- 250 mm	TIDAK PERLU TUL. GESER
	Pelat Bordes	D 16	- 150 mm	D 10	- 150 mm	D 10	- 200 mm	TIDAK PERLU TUL. GESER

#### 4.3.2.6 Perencanaan Balok Konsol Tangga

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

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

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ Longitudinal} = 16 \text{ mm}$$

$$D \text{ Transversal} = 10 \text{ mm}$$

$$b = 3000 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} - 0,5 \times \phi_{\text{longitudinal}}$$

$$= 300 - 40 - 0,5 \times 16$$

$$= 252 \text{ mm}$$

$$a_v = 100 \text{ mm}$$

$$l = 400 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\mu = 1,4$$

$$A1 = \frac{Vu}{0,85 \times \Phi \times f_c'} = 1799,41 \text{ mm}^2$$

$$Vu = 45,89 \text{ kN}$$

$$Nu = 0,2 \times Vu = 9,18 \text{ kN}$$

$$Vn \text{ max1} = 0,2 \times f_c' \times b \times d = 6048 \text{ kN}$$

$$Vn \text{ max2} = (3,3 + 0,08 \times f_c') \times b \times d = 4914 \text{ kN}$$

$$Vn \text{ max3} = 11 \times b \times d = 8316 \text{ kN}$$

$$Avf = \frac{Vu}{\Phi \times f_y \times \mu} = 109,25 \text{ mm}^2$$

$$Mu = Vu \times a_v + Nu \times (h - d) = 5,03 \text{ kNm}$$

$$Af = \frac{Mu}{\Phi \times 0,85 \times f_y \times d} = 78,26 \text{ mm}^2$$

$$An = \frac{Nu}{\Phi \times f_y} = 30,59 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ min1} = Af + An = 108,85 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ min2} = \frac{2}{3} \times Avf + An = 103,42 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ min } 3 = \frac{0,04 \times f'c' \times d}{f_y} = 1008 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$n = \frac{Asc_{min}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = 6 \text{ buah}$$

$$Ah = 0,5 \times (Asc - Ah) = 488,7 \text{ mm}^2$$

Dipasang sepanjang  $2/3d = 168 \text{ mm}$

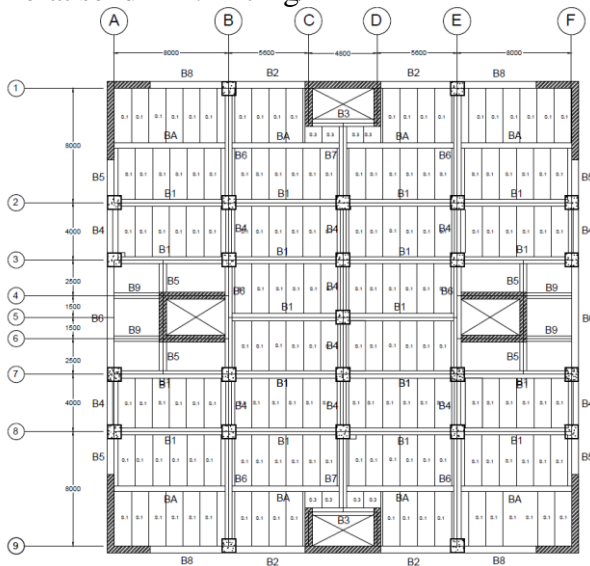
$$n = \frac{Ah}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = 7 \text{ buah}$$

### 4.3.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap

#### 4.3.3.1 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan yang digunakan untuk *Hollow Core Slab* menurut *preliminary design* :

- Tebal Pelat : 15 cm
- Mutu Beton : 45 MPa
- Lebar : 4 meter
- Berat sendiri : 247 kg/m<sup>2</sup>



Gambar 4. 14 Pelat Lantai Tinjau



#### 4.3.3.2 Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati yang mengacu pada PPIUG 1983, beban hidup yang sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan dengan peraturan SNI 2847:2013.

##### ➤ Kontrol Kapasitas

##### • **Beban Mati Tambahan (Atap)**

- Berat sendiri pelat : 247 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
- Aspal : 14 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi : 42 kg/m<sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing : 15 kg/m<sup>2</sup>
- **Total** : **336** kg/m<sup>2</sup>

##### • **Beban Hidup (Atap)**

- **Beban hidup atap** : 96 kg/m<sup>2</sup>

##### • **Kombinasi**

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6LL = 1,2 (336) + 1,6 (96) \\ &= 556,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

##### • **Beban Mati Tambahan (Lantai)**

- Berat sendiri pelat : 247 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
- Aspal : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi : 42 kg/m<sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing : 30 kg/m<sup>2</sup>
- **Total** : **361** kg/m<sup>2</sup>

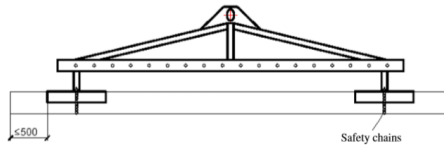
##### • **Kombinasi**

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6LL = 1,2 (361) + 1,6 (192) \\ &= 740,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Pelat dapat digunakan jika :

- a. Kapasitas HCS (4 m) >  $Q_u$   
 $1530 \text{ kg/m}^2 > 704,4 \text{ kg/m}^2$

### 4.3.3.3 Pengangkatan Pelat



Gambar 4. 15 Pengangkatan Hollow Core Slab  
(Sumber: *Consolis Betonika*)

#### Kontrol Tegangan Tarik Hollow Core Slab

##### ➤ **Bentang 4m**

$$a = 1.197 \text{ m}$$

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

$$W = 247 \text{ Kg/m}^2$$

$$S_x = 4,185,684.48 \text{ mm}^3$$

$$F_{kub} = 450 \text{ Kg/m}^2$$

$$F_t \text{ ijin} = \frac{7.5 \lambda \sqrt{f'c}}{1.5} = \frac{7.5 \cdot 1 \cdot \sqrt{45}}{1.5} = 106.066 \text{ Kg/m}^2$$

Tegangan tarik yang terjadi,

$$+M_y = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \times 247 \times 1.197 \text{ m}^2$$

$$+M_y = 591.318 \text{ Kgm}$$

$$F_t = \frac{M_y}{S_x} = \frac{591.318 \times 1000}{4,185,684.48} = 0.14 \text{ Kg/mm}^2$$

$$F_t \text{ ijin} > f_t$$

$$106.066 \text{ Kg/cm}^2 > 14.127 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

### 4.3.4 Perencanaan Balok Anak

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

Pelat yang digunakan ialah balok *half beam* dengan tebal pelat pracetak setebal 40 cm dan *overtopping* setebal 15 cm. Dalam

perencanaan balok anak pada tugas akhir ini, terdapat 1 tipe balok anak.

Perencanaan balok anak didasarkan pada beberapa keadaan, yaitu saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit.

- Saat Pengangkatan

Keadaan ini terjadi pada saat instalasi balok *half beam*, dimana dilakukan proses pengangkatan balok anak ke tempat penyimpanan (storage) dan ke gedung. Pengangkatan ke storage direncanakan dilakukan pada hari ketiga dengan nilai kekuatan beton sebesar 22,5 MPa. Sedangkan, Pengangkatan ke gedung direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar 33,75 MPa.

- Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran *topping* yaitu komponen pracetak dan komponen *topping* belum menyatu dalam memikul beban. Pada keadaan sebelum komposit direncanakan pada hari ke 10 dengan nilai kekuatan beton sebesar 36 MPa.

- Setelah Komposit

Keadaan ini terjadi saat *topping* dan elemen pracetak balok anak telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Pada keadaan setelah komposit nilai kekuatan beton sebesar 45 MPa.

Penulangan yang digunakan ialah penulangan yang paling kritis dari ketiga keadaan diatas. Selain itu, dalam tugas akhir ini juga akan direncanakan tulangan angkat untuk pengangkatan balok anak pracetak. Contoh perhitungan yang ditunjukkan pada subbab 4.3.4.3.

#### 4.3.4.1 Data Perencanaan Balok Anak

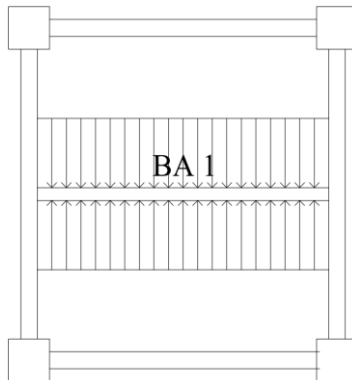
Dalam perencanaan balok anak, ada beberapa kondisi yang harus ditinjau untuk perhitungan tulangan. Kondisi tersebut sama dengan kondisi saat merencanakan pelat lantai dan pelat atap, yaitu kondisi setelah komposit, sebelum komposit, dan saat pengangkatan. Pengangkatan direncanakan dilakukan pada hari

ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar 30 MPa. Contoh perhitungan yang ditunjukkan dalam subbab 4.3.4 ialah untuk balok anak tipe 1.

- Dimensi Komposit = 40x55 cm
- Dimensi *Half Beam* = 40x40 cm
- *Overtopping* = 15 cm
- $f'_c$  = 45 MPa
- $f_y$  = 400 MPa
- L = 8 m
- Tulangan Longitudinal = 25 mm
- Tulangan Transversal = 10 mm
- *Clear Cover* = 40 mm

#### 4.3.4.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** 4.16 berikut:



Gambar 4. 16 Distribusi Beban Pelat pada Balok Anak

- Sebelum Komposit
  - Beban Mati
    - Berat Sendiri Balok =  $2400 \times 0,4 \times 0,4 = 384 \text{ kg/m}$
    - Berat *Overtopping* =  $2400 \times 0,4 \times 0,15 = 144 \text{ kg/m}$
    - Berat Pelat =  $247 \times 4 = 836 \text{ kg/m}$
    - $q_D = 1,4 \times 836 = 1368 \text{ kg/m}$
  - Beban Hidup Terpusat
    - Beban pekerja = = 100 kg
    - $P_u = 1,6 \times 100 = 160 \text{ kg}$
  - Kombinasi Beban
    - $q_u = 1,4 \times 1368 = 1909,6 \text{ kg/m}$
- Saat Pengangkatan ke storage dan ke gedung
  - Beban Mati
    - Berat Sendiri Balok =  $2400 \times 0,4 \times 0,4 = 384 \text{ kg/m}$
    - $q_D = = 1368 \text{ kg/m}$
  - Beban Hidup Terpusat
    - Beban Pekerja = = 100 kg
    - $P_u = 1,6 \times 100 = 160 \text{ kg}$
  - Kombinasi Beban
    - $Q_u = 1,4 \times 384 = 537,6 \text{ kg/m}$

#### 4.3.4.3 Perhitungan Tulangan Balok Anak

1. Setelah Komposit

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{45 - 28}{7} \\ &= 0,72857\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{400} \\ &= 0,0041926 \text{ (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,7285 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0418017\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0418 = 0,03135$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (menentukan)}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 f'_c} \\ &= \frac{420}{0,85 (45)} \\ &= 10,4575\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \emptyset_{\text{senggang}} - 0,5D_{\text{tulangan}} \\ &= 550 - 40 - 10 - 0,5(25) \\ &= 587,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_{\text{tumpuan}} = 27041,93415 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 10386,46 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$V_u = 14058,60 \text{ kg (Hasil ETABS)}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\phi = 0,90$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{27041,93415 \times 10^4}{0,90 (400) (487,5)^2} \\ &= 3,160\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,4575} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,4575 \times 3,16}{400}} \right) \\ &= 0,008258\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,008258 > \rho_{\min}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,008258 \times 400 \times 487,5 \\
 &= 1610,3895 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{peltu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{1610,3895}{0,25\pi(25)^2} \\
 &= 4 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 4(25) - 2(40) - 2(10)}{4 - 1} \\
 &= 67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

**Kontrol Regangan:**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} \\
 &= \frac{490,8738 \times 4 \times 400}{0,85 \times 45 \times 400}
 \end{aligned}$$

$$= 51,3332 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{51,33321}{0,7285} \\
 &= 70,4573 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0,0177572 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 4D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0,5 M_u \text{ negatif tumpuan} \\
 &= 13520,96708 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0,90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{13520,96708 \times 10^4}{0,90 (400) (487,5)^2} \\
 &= 1,5803
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,4575} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,4575 \times 1,58}{400}} \right) \\ &= 0,004036 < \rho_{\text{min}}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,004036$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,004036 \times 400 \times 487,5 \\ &= 817,5623543 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{817,5623543}{0,25\pi(25)^2} \\ &= 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\ &= 250 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} \\ &= \frac{490,8738 \times 2 \times 400}{0,85 \times 45 \times 400} \\ &= 25,666 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{25,666}{0,728} \\ &= 35,228 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 35,228 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

$$Mu = 10386,46 \text{ kgm}$$



$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{10386,466 \times 10^4}{0.90 (400) (487.5)^2} \\ &= 1,213 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,4575} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,4575 \times 1,213}{400}} \right) \\ &= 0,003084735 < \rho_{\text{min}} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,004192$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,004192 \times 400 \times 487,5 \\ &= 817,5623543 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ pakai} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{817,5623543}{0.25 \pi (25)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 \phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\ &= \frac{490,8738 \times 2 \times 400}{0,85 \times 45 \times 400} \\ &= 25,666 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$= \frac{25,666}{0,7285}$$

$$= 35,2286 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0,038514 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned} M_u &= 0,5 M_u \text{ positif lapangan} \\ &= 5193,230 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b a^2} \\ &= \frac{5193,23013 \times 10^4}{0,90 (400) (487,5)^2} \\ &= 0,60699 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,4575} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,4575 \times 0,60699}{400}} \right) \\ &= 0,001529 < \rho_{\text{min}} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0041926$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 0,004192627 \times 400 \times 487,5 \\ &= 817,56235 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ pakai} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{817,56235}{0,25 \pi (25)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 \phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \\
 &= \frac{490,8738 \times 2 \times 400}{0,85 \times 45 \times 400} \\
 &= 25,666 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{25,666}{0,7285} \\
 &= 35,228 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 0,038514 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

- Tulangan Geser

$$V_u = 140586,039 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 0,17 \sqrt{45} \times 400 \times 487,5 \\
 &= 222376,9604 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 222376,9604 \\
 &= 166782,7203 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 83391,36014 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= 0,062 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 0,062 \sqrt{45} \times 400 \times 487,5 \\
 &= 81756,23543 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 61317,17657 \text{ N}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0,5\phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok anak ini.

$$S_{\text{max1}} = \text{tidak perlu } S_{\text{max}}$$

$$\begin{aligned}
S_{\max 2} &= \text{tidak perlu } S_{\max} \\
S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm} \\
d_{\text{senggang}} &= 10 \text{ mm} \\
f_y \text{ senggang} &= 280 \text{ MPa} \\
\text{Senggang} &= 2 \text{ buah} \\
A_{v \text{ min1}} &= 0.062 \sqrt{f_c'} \frac{bs}{f_y} \\
&= 124,7725931 \text{ mm}^2 \\
A_{v \text{ min2}} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\
&= 105 \text{ mm}^2 \\
A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi d_{\text{senggang}}^2 \\
&= 2 \times 0.25 \pi 10^2 \\
&= 157,0796327 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
V_s \text{ pakai} &= \frac{A_v f_y d}{S_{\text{pakai}}} \\
&= \frac{157.08 \times 400 \times 577.5}{300} \\
&= 102101,7612 \text{ N} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan  $\varnothing 10$ -300 mm

- Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}
d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \varnothing_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\
&= 700 - 40 - 10 - 0.5(25) \\
&= 467.5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada balok anak sebelum balok anak komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok anak adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$\begin{aligned}
M_{\text{tumpuan}} &= 0 \text{ kgm} \\
M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} qL^2 + \frac{1}{4} pL \\
&= \frac{1}{8} (2044)(8)^2 + \frac{1}{4} (160)(8) \\
&= 16672 \text{ kgm} \\
V_u &= 0.5 q L \\
&= 0.5 (2044)(8) \\
&= 8176 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$f_{ci} = 0,8 f_c' = 32 \text{ MPa (umur 10 hari)}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \frac{32 - 28}{7} \\ &= 0,8214\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 1} &= 0,25 \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= 0,25 \frac{\sqrt{32}}{400} \\ &= 0,0035 \text{ (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 2} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,764 \times 32}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0335\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0335 = 0,0251$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (menentukan)}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} \\ &= \frac{420}{0,85 (40)} \\ &= 14,706\end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\text{- Mu} = 0$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= 0,0035 \times 400 \times 467,5 \\ &= 654,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ pakai} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{654,5}{0,25 \pi (25)^2} \\ &= 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\
&= 250 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
\rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
&= 0.0035 \\
A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 467.5 \\
&= 661,1448404 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
&= \frac{661,14484}{0.25\pi(25)^2} \\
&= 2 \text{ buah}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\
&= 250 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
M_u &= 16672 \text{ kgm} \\
\phi &= 0.90 \\
R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
&= \frac{16672 \times 10^4}{0.90 (300) (337.5)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2,11 \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2,11}{400}} \right) \\ &= 0,00552 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,005521 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,005521 \times 400 \times 467.5 \\ &= 1032,5325 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{1032,532}{0.25\pi(25)^2} \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{400 - 3(25) - 2(40) - 2(10)}{3 - 1} \\ &= 113 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\ &= 54,14049 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{54,14049}{0.824} \\ &= 65,9101 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0,01827 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 3D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$M_u = 0.5 M_u \text{ positif lapangan}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8336 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{8336 \times 10^4}{0.90 (400) (467.5)^2} \\
 &= 1,0594 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.706} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,706 \times 1,0594}{400}} \right) \\
 &= 0,0027 < \rho_{\text{min}} \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 467.5 \\
 &= 661,14484 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{st\text{ulangan}}} \\
 &= \frac{661,1448}{\frac{0.25\pi(25)^2}{4}} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{300 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 250 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &> S_{\text{min}} \text{ (OK)} \\
 \text{Kontrol Regangan:} \\
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 36,0936 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{36,0936}{0.8214} \\
 &= 43,94011 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\varepsilon_t = 0,028918 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

- Tulangan Geser

$$V_u = 81760 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'_c} bd$$

$$= 179831,3966 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 134873,5474 \text{ N}$$

$$0.5\phi V_c = 67436,77372 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ min}} = 0.062 \sqrt{f'_c} bd$$

$$= 66114,48404 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 49585,86303 \text{ N}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok anak ini.

$$S_{\text{max}1} = \text{tidak perlu } S_{\text{max}}$$

$$S_{\text{max}2} = \text{tidak perlu } S_{\text{max}}$$

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

$$d_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$f_{y \text{ sengkang}} = 400 \text{ MPa}$$

Sengkang = 2 buah

$$A_{v \text{ min}1} = 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y}$$

$$= 105,217489 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ min}2} = 0.35 \frac{bs}{f_y}$$

$$= 105 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ pakai}} = 2 \times 0.25 \pi d_{\text{sengkang}}^2$$

$$= 2 \times 0.25 \pi 10^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 157,0796327 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
 V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{s_{pakai}} \\
 &= \frac{157,08 \times 400 \times 467,5}{150} \\
 &= 97912,97104 \text{ N} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan  $\varnothing 10\text{-}300 \text{ mm}$

- Saat Pengangkatan ke Storage

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \varnothing_{\text{senggang}} - 0,5D_{\text{tulangan}} \\
 &= 400 - 40 - 10 - 0,5(25) \\
 &= 337,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$f_{ci} = 0,5 f_c' = 22,5 \text{ MPa (umur 3 hari)}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min1}} &= 0,25 \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} \\
 &= 0,25 \frac{\sqrt{22,5}}{400} \\
 &= 0,002964
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min2}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

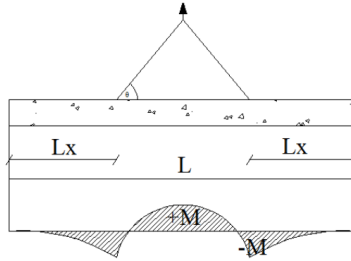
$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22,5}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,024384
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,024384 = 0,01828 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,025$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 (22,5)} \\
 &= 20,92
 \end{aligned}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan 2 titik angkat dengan lokasi titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 17 Titik Angkat Balok Anak

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{8}$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} 40(40)^3 = 213333,33 \text{ cm}^4$$

$$y_c = y_t + 5 = 20 + 5 = 25 \text{ cm}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 8 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left( 1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)} = 0,2288689 \text{ m}$$

$$LX = 8(0,2288) = 1,83 \text{ m}$$

$$= 1,83 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W &= 537,6 \text{ kg/m} \\ +M &= 968,1687421 \text{ kgm} \\ -M &= 968,1687421 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\min}$ .

$$\text{Mu} = 968,1687421 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\ &= 0.0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 337,5 \\ &= 472,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\ &= \frac{472,5}{0.25\pi(25)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\min 2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\ &= \frac{490,8738521 \times 2 \times 400}{0.85 \times 22,5 \times 400} \\ &= 51,3332 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{51,3332}{0.85} \\ &= 60,392 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0,0137654 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} \\ = 0.0035$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0035 \times 400 \times 337.5 \\ = 472,5 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\ = \frac{472,5}{356,55} \\ = \frac{0.25\pi(25)^2}{356,55} \\ = 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}} \\ = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} = \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ = \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\ = 250 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\text{min}}$ .

$$Mu = 968,16874 \text{ kgm}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} \\ = 0.0035$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0035 \times 400 \times 337.5 \\ = 472,5 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\ = \frac{472,5}{654,5} \\ = \frac{0.25\pi(25)^2}{654,5} \\ = 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}} \\ = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 337.5 \\
 &= 472,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{472,5}{\frac{0.25 \pi (25)^2}{4}} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\min 2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

• Saat Pengangkatan ke gedung

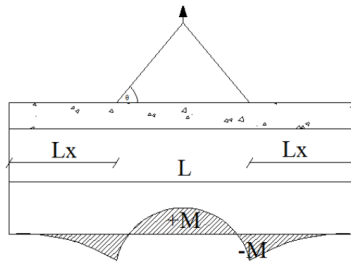
$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \phi_{\text{senggang}} - 0.5 D_{\text{tulangan}} \\
 &= 400 - 40 - 10 - 0.5(25) \\
 &= 337.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$f_{ci} = 0,75 f_{c'} = 33,75 \text{ MPa (umur 7 hari)}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f_c' - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{30 - 28}{7}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,80892 \\
 \rho_{\min 1} &= 0,25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\
 &= 0,25 \frac{\sqrt{33,75}}{400} \\
 &= 0,00363 \text{ (menentukan)} \\
 \rho_{\min 2} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8357 \times 30}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0348092 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0348 = 0,0261 \text{ (menentukan)} \\
 \rho_{\max} &= 0,025 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 f'_c} \\
 &= \frac{400}{0,85 (30)} \\
 &= 13,94
 \end{aligned}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan 2 titik angkat dengan lokasi titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 18 Titik Angkat Balok Anak

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{8}$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{400}{2} = 26,5 \text{ cm}$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}40(40)^3 = 213333,33 \text{ cm}^4$$

$$y_c = y_t + 5 = 20 + 5 = 25 \text{ cm}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 8 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left( 1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)} = 0,22886 \text{ m}$$

$$LX = 8 (0,2288) = 1,83 \text{ m}$$

$$W = 537,6 \text{ kg/m}$$

$$+M = 968,1687421 \text{ kgm}$$

$$-M = 968,1687421 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\min}$ .

$$Mu = 968,1687421 \text{ kgm}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} = 0,00363$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00363 \times 400 \times 337,5 = 490,1744 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ pakai} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{490,1744}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \\
 &= 34,2221 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{34,2221}{0.8357} \\
 &= 42,305 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 0,020933 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.00363 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.00363 \times 400 \times 337.5 \\
 &= 490,1744 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{490,1744}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{400-2(25)-2(40)-2(10)}{2-1}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\text{min}}$ .

$$\mu = 968,1687421 \text{ kgm}$$

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

$$= 0.00363$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.00363 \times 400 \times 337.5$$

$$= 490,17445 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{490,174}{0.25\pi(25)^2}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} = \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}$$

$$= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(10)}{2 - 1}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25

- Tulangan Negatif Lapangan

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

$$= 0.00363$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.00363 \times 400 \times 337.5$$

$$= 490,1744 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{490,1744}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 250 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &> S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

## 2. Pengangkatan Balok Anak

Sebelum melakukan instalasi balok anak, balok anak terlebih dahulu mengalami proses pengangkatan menuju titik lokasi pemasangan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan tulangan angkat untuk balok anak seperti pada pelat yang telah dibahas pada subbab 4.3.3.3 sebelumnya. Untuk pengangkatan balok anak pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan dua titik angkat tanpa bantuan *spreader beam*.

- Perhitungan Tulangan Angkat

$$\text{Faktor Kejut (K)} = 1.2$$

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0.4 (0.4) (8) (2400) \\
 &= 3072 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= K \times 1.4DL \\
 &= 1.2 (1.4)(3072) \\
 &= 5160,96 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Angkat ( $T_u$ ):

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{q}{2\cos(45)} \\
 &= \frac{5160,96}{2\cos(45)} \\
 &= 3649,3498 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

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

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{SF} \\ &= \frac{0.7\sqrt{33,75}}{1.5} \\ &= 2666,667 \text{ MPa}\end{aligned}$$

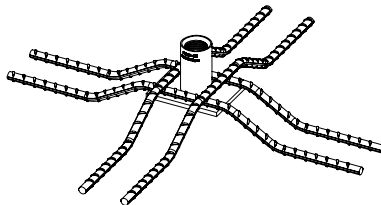
$$\begin{aligned}Z &= \frac{1}{6}b(h_{\text{pracetak}})^2 \\ &= \frac{1}{6}40(40)^2 \\ &= 10666,667 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{balok}} &= \frac{M_u}{Z} \\ &= \frac{968,1687421 \times 10^4}{10666,667 \times 10^3} \\ &= 0,907658 \text{ MPa}\end{aligned}$$

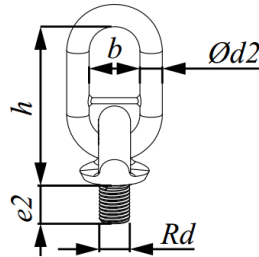
$$\sigma_{\text{balok}} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}$$

- Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL tipe JRd/JM 30. Di setiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40-63 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 4. 19 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 4. 20 Kait JL

### 3. Rekapitulasi Tulangan Balok Anak

Berikut merupakan rekapitulasi tulangan balok anak :

Tabel 4. 33 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak

Tipe Balok	BA 1	
Tulangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400mm x 650 mm	
Bentang	8 m	
Decking	40 mm	
Atas	4D25	2D25
Tengah	2D25	2D25
Bawah	2D25	2D25
Senggang	2D-300 mm	
Tu (kN)	36,49	
Tipe JRd/JM	JRd/JM 30	

#### 4.3.5 Perencanaan Balok Lift

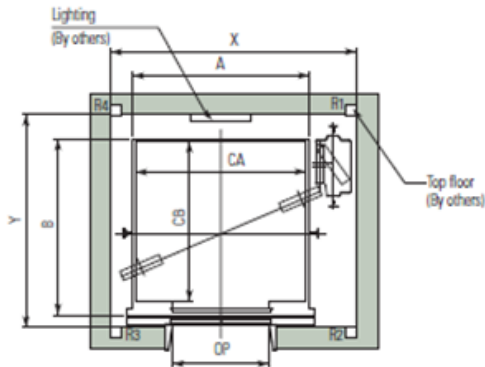
Balok *lift* yang direncanakan merupakan balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* dan beban yang terjadi pada *lift* yang terdiri dari balok penggantung dan balok penumpu *lift*.

##### 4.3.5.1 Spesifikasi Lift

*Lift* yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *lift* yang diproduksi oleh sigma elevator company dengan data sebagai berikut:

Tipe lift = YZER (Machine-Room-Less Elevators)  
 Merek = Hyundai  
 Kapasitas = 17 orang (1150 kg)

Lebar pintu = 1100 mm  
 Car size = 1900x1570 mm<sup>2</sup>  
 Hostway size = 2600x2100 mm<sup>2</sup>  
 Beban reaksi ruang mesin =  
 R1 = 6300 kg  
 R2 = 3400 kg



Floor without control panel

Gambar 4. 21 Denah Lift

#### 4.3.5.2 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 500x200x11x19 dengan BJ 41, dengan data – data sebagai berikut:

W = 103 kg/m  
 A = 131,3 cm<sup>2</sup>  
 d = 506 mm  
 b<sub>f</sub> = 201 mm  
 t<sub>w</sub> = 11 mm  
 t<sub>f</sub> = 19 mm  
 r = 20 mm  
 Z<sub>x</sub> = 2462 cm<sup>3</sup>  
 Z<sub>y</sub> = 398 cm<sup>3</sup>  
 I<sub>x</sub> = 56500 cm<sup>4</sup>  
 I<sub>y</sub> = 2580 cm<sup>4</sup>  
 H = d - 2 (t<sub>r</sub>+r)

$$\begin{aligned}
 &= 428 \text{ mm} \\
 S_x &= 2230 \text{ cm}^3 \\
 S_y &= 257 \text{ cm}^3 \\
 F_y &= 250 \text{ MPa} \\
 F_u &= 410 \text{ MPa} \\
 E &= 2000000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

1. Perhitungan pembebanan

- Beban merata

- Beban mati

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 103 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan (10\%)} = \underline{10,3 \text{ kg/m}}$$

$$\text{Total (q}_D) = 113,3 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor

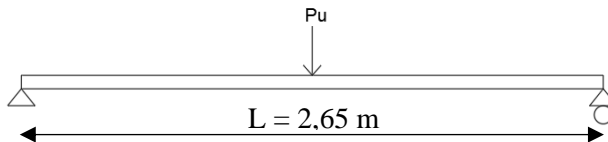
$$q_U = 1,4q_D = 1,4 \times 113,3 = 158,62 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$PU_1 = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 6300 (1+0.5) = 9450 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 3400 (1+0.5) = 5100 \text{ kg}$$



Gambar 4. 22 Pembebanan Balok Penggantung Lift

2. Gaya dalam pada balok penggantung

- Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L =$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times 113,3 \times 2,65^2 + \frac{1}{4} \times 9450 \times 2,65$$

$$= 6399,863 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_U \times L + \frac{1}{2} \times P_u =$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times 113,3 \times 2,65 + \frac{1}{2} \times 9450 = 4935,172 \text{ kg}$$

### 3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{201}{38} = 5,28$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,9$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 2462 \times 2500 = 6155000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$808.924 \text{ kgcm} \leq 0.9 \times 6.155.000 \text{ kgcm}$$

$$639,9864 \text{ kgcm} \leq 5.539.500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 265 \text{ cm}$$

$$L_p = 220,527 \text{ cm}$$

$$L_r = 694,296 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 6399,8636 \text{ kgm}$$

$$M_A = 3199,9318 \text{ kgm}$$

$$M_B = 6399,8636 \text{ kgm}$$

$$M_C = 3199,9318 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 8089,24}{2,5 \times 8089,24 + 3 \times 4079,43 + 4 \times 8089,24 + 3 \times 4079,43}$$

$$= 1,3157894 \leq 2.3$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$



$$= 1.31 \left[ 5.539.500 - (5.539.500 - 0,7 \times 2500 \times 2230) \left( \frac{265 - 220,527}{694,296 - 220,527} \right) \right] < 5.539.500$$

7.121.052,896 kgcm  $\geq$  5.539.500 kgcm (Tidak OK), maka  
 $M_n = M_p$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$639,98636 \text{ kgcm} \leq 0,9 \times 6.155.000 \text{ kgcm}$$

$$639,986 \text{ kgcm} \leq 5539500 \text{ kgcm (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,9$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 42,8 \times 1,1 \times 1$$

$$= 77682 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 V_n$$

$$4935,1715 \text{ kg} \leq 77682 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 265 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{265}{360} = 0,736 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[ \frac{23 P L^3}{648 \cdot E \cdot I_x} \right] =$$

$$= \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(1,13) \cdot 265^4}{2000000 \cdot 56500} \right] + \left[ \frac{23 \cdot 12000 \cdot 265^3}{648 \cdot 2000000 \cdot 56500} \right]$$

$$= 0,061677 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,061677 \text{ cm} < 0,736 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

## 4.4 Struktur Primer

### 4.4.1 Umum

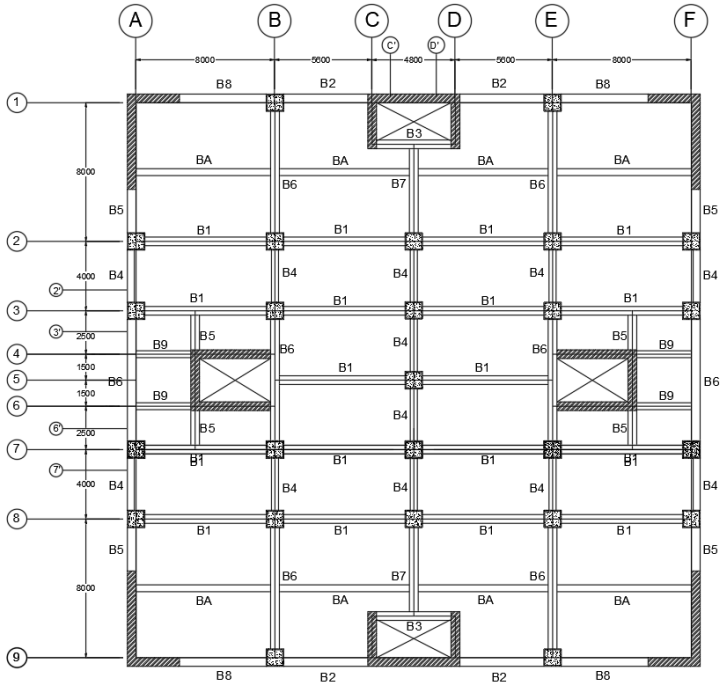
Struktur primer atau struktur utama merupakan struktur yang menahan seluruh kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi maupun beban lateral seperti gempa dan angin. Komponen struktur primer yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah balok induk, kolom, dan dinding geser atau *shear wall*. Berikut merupakan perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan untuk masing-masing komponen struktur primer tersebut.

### 4.4.2 Perencanaan Balok Induk

Gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta akan direncanakan dengan menggunakan dua dimensi balok induk dengan bentang yang berbeda-beda, yaitu:

- BI 1 dimensi 50/75 cm dengan bentang 8 m
- BI 2 dimensi 40/65 cm dengan bentang 5,6 m
- BI 3 dimensi 40/65 cm dengan bentang 4,8 m
- BI 4 dimensi 40/65 cm dengan bentang 4 m
- BI 5 dimensi 50/75 cm dengan bentang 2,5 m
- BI 6 dimensi 50/75 cm dengan bentang 8 m
- BI 7 dimensi 50/75 cm dengan bentang 5,5 m
- BI 8 dimensi 50/75 cm dengan bentang 5,6 m
- BI 9 dimensi 40/65 cm dengan bentang 3,4 m
- BI 10 dimensi 50/75 cm dengan bentang 2,5 m

Sama halnya dengan penulangan balok anak, balok induk juga dihitung dalam kondisi, yaitu Saat pengangkatan ke storage, saat pengangkatan ke Gedung, sebelum komposit dan setelah komposit. Dari ketiga kondisi tersebut, diambil perhitungan penulangan yang paling kritis untuk kebutuhan tulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung balok induk 1.



Gambar 4. 23 Denah Balok Induk

Perencanaan balok induk didasarkan pada beberapa keadaan, yaitu saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit.

- Saat Pengangkatan

Keadaan ini terjadi pada saat instalasi balok *half beam*, dimana dilakukan proses pengangkatan balok induk ke tempat penyimpanan (*storage*) dan ke gedung. Pengangkatan ke *storage* direncanakan dilakukan pada hari ketiga dengan nilai kekuatan beton sebesar 22,5 MPa. Sedangkan, Pengangkatan ke gedung direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar 33,75 MPa.

- Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran *topping* yaitu komponen pracetak dan komponen *topping* belum menyatu dalam memikul beban. Pada keadaan sebelum komposit direncanakan pada hari ke 10 dengan nilai kekuatan beton sebesar 36 MPa.

- Setelah Komposit

Keadaan ini terjadi saat *topping* dan elemen pracetak balok induk telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Pada keadaan setelah komposit nilai kekuatan beton sebesar 45 MPa.

Penulangan yang digunakan ialah penulangan yang paling kritis dari ketiga keadaan diatas. Selain itu, dalam tugas akhir ini juga akan direncanakan tulangan angkat untuk pengangkatan balok anak pracetak.

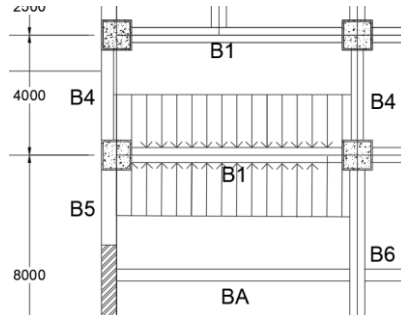
#### 4.4.2.1 Data Perencanaan Balok Induk

Berikut merupakan data perencanaan balok induk 1 pada gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta :

- Dimensi Komposit = 50x75 cm
- Dimensi *Half Beam* = 50x60 cm
- *Overtopping* = 15 cm
- $f'_c$  = 45 MPa
- $f_y$  = 400 MPa
- L = 8 m
- Tulangan Longitudinal = 25 mm
- Tulangan Transversal = 13 mm
- *Clear Cover* = 40 mm

#### 4.4.2.2 Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok induk adalah berat sendiri balok induk tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya) serta berat dari balok anak sendiri yang menumpu pada balok induknya. Distribusi beban pada balok induk tipe 1 ini untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.25 berikut:



Gambar 4. 24 Distribusi Beban pada Balok Induk

- Sebelum Komposit
  - Beban Mati Merata
 

Berat Sendiri Balok	$= 2400 \times 0,50 \times 0,6$	$=$	720 kg/m
Berat <i>Overtopping</i>	$= 2400 \times 0,50 \times 0,15$	$=$	180 kg/m
Luas Pelat atas	$= 247 \frac{kg}{m^2} \times 4$	$=$	988 kg/m
Luas pelat bawah	$= 247 \frac{kg}{m^2} \times 2$	$=$	494 kg/m
qD		$=$	2382 kg/m
  - Beban Hidup Terpusat
 

Beban Pekerja	$=$	100 Kg
---------------	-----	--------
  - Kombinasi Beban Merata
 

q <sub>u</sub>	$= 1.4 \times 2382$	$=$	3334,8 kg/m
----------------	---------------------	-----	-------------
  - Kombinasi Beban Terpusat
 

P <sub>u</sub>	$= 1.6 \times 100$	$=$	160 kg
----------------	--------------------	-----	--------
- Saat Pengangkatan ke Atas
  - Beban Mati
 

Berat Sendiri Balok	$= 2400 \times 0,5 \times 0,6$	$=$	720 kg/m
---------------------	--------------------------------	-----	----------
  - Beban Hidup Terpusat
 

Beban Pekerja	$=$	100 Kg
---------------	-----	--------
  - Kombinasi Beban
 

q	$= 1.4 \times 720$	$=$	1008 kg/m
---	--------------------	-----	-----------
  - Kombinasi Beban Terpusat
 

P <sub>u</sub>	$= 1.6 \times 100$	$=$	160 kg
----------------	--------------------	-----	--------
- Saat Pengangkatan ke Storage

- Beban Mati  
Berat Sendiri Balok =  $2400 \times 0.5 \times 0.6 = 720 \text{ kg/m}$
- Kombinasi Beban  
 $q = 1.4 \times 720 = 1008 \text{ kg/m}$
- Beban Hidup Terpusat  
Beban Pekerja =  $100 \text{ Kg}$
- Kombinasi Beban  
 $q = 1.4 \times 720 = 1008 \text{ kg/m}$
- Kombinasi Beban Terpusat  
 $P_u = 1.6 \times 100 = 160 \text{ kg}$

#### 4.4.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Induk

- Saat Pengangkatan ke Storage

$$D = h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - D_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}}$$

$$= 600 - 40 - 13 - 0.5(25)$$

$$= 534,5 \text{ mm}$$

$$f_c' = 0,5 \times 45$$

$$= 22,5 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_{\text{min1}} = 0.25 \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$= 0.25 \frac{\sqrt{22,5}}{400}$$

$$= 0,0029646$$

$$\rho_{\text{min2}} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$= \frac{1.4}{400}$$

$$= 0.0035 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c' \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 0.85 \times 22,5 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400}$$

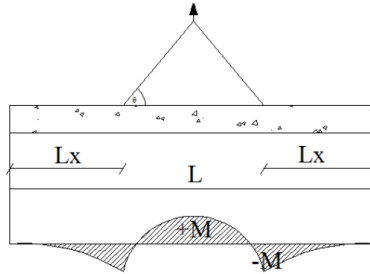
$$= 0,024384$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0,024384 = 0,03135$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 (22,5)} \\
 &= 20,915
 \end{aligned}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan 2 titik angkat dengan lokasi titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok induk.



Gambar 4. 25 Titik Angkat Balok Induk

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{8}$$

$$\begin{aligned}
 y_t &= \frac{h}{2} \\
 &= \frac{60}{2} \\
 &= 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} bh^3 \\
 &= \frac{1}{12} 50(60)^3 \\
 &= 900.000 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_c &= y_t + 5 \\
 &= 30 + 5 \\
 &= 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 8 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{L \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{yt}{yb} \left( 1 + \frac{4yc}{L \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$= 0,23739406 \text{ m}$$

$$LX = 8 (0.23739)$$

$$= 1,9 \text{ m}$$

$$W = 1028 \text{ kg/m}$$

$$+M = 1853,884996 \text{ kgm}$$

$$-M = 1853,884996 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\min}$ .

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} \\ = 0,0035$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \times 400 \times 534,5 \\ = 935,375 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ = \frac{935,375}{0,25 \pi (25)^2} \\ = 2 \text{ buah}$$

$$S_{\min 1} = D_{\text{tulangan}} \\ = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\min 2} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} = \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ = \frac{500 - 2(25) - 2(40) - 2(13)}{2 - 1} \\ = 344 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} \\ = 0,0035$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \times 500 \times 534,5$$



$$\begin{aligned}
 &= 935,375 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{935,375}{0,25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}}D_{\text{tulangan}} - 2\text{clearcover} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 2(25) - 2(40) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 344 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &> S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai  $\rho_{\text{min}}$ .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{perlu}} \\
 &= 0,0035 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 0,0035 \times 500 \times 534,5 \\
 &= 935,375 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{900,375}{0,25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}}D_{\text{tulangan}} - 2\text{clearcover} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 2(25) - 2(40) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 344 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 0,0035 \times 500 \times 534,5 \\ &= 935,375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{935,375}{0,25\pi(25)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 D_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{400 - 2(25) - 2(40) - 2(13)}{2 - 1} \\ &= 344 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

• Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} f_c' &= 0,8 \times 45 \\ &= 30 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min1}} &= 0,25 \sqrt{\frac{f_c'}{f_y}} \\ &= 0,25 \frac{\sqrt{30}}{400} \\ &= 0,00375 \text{ (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min2}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,036392\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,036392 = 0,02729$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (menentukan)}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 f'_c} \\ &= \frac{400}{0,85 (30)} \\ &= 13,0719\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \emptyset_{\text{senggang}} - 0,5D_{\text{tulangan}} \\ &= 600 - 50 - 13 - 0,5(25) \\ &= 534,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada balok induk sebelum balok induk komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok induk adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

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

$$\begin{aligned}M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L \\ &= \frac{1}{8} (2382)(8)^2 + \frac{1}{4} (160)(8) \\ &= 26998,4 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &= 0,5 (q_u L + P_u) \\ &= 0,5 (3334,8 \times 8 + 160) \\ &= 13419,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}\rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\ &= 0,00375\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= 0,00375 \times 500 \times 534,5 \\ &= 1002,1875 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{1002,1875}{0,25 \pi (25)^2} \\ &= 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$S_{\min 1} = D_{\text{tulangan}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{sengakang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 3(25) - 2(40) - 2(13)}{3 - 1} \\
 &= 160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0,00375 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0,00375 \times 500 \times 534,5 \\
 &= 1002,1875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{1002,1875}{0,25 \pi (25)^2} \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\min 2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{sengakang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 3(25) - 2(40) - 2(13)}{3 - 1} \\
 &= 160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

$$\phi = 0,90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{26998,4 \times 10^4}{0,90 (500) (534,5)^2} \\
 &= 2,1
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{1}{13,0718} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,0718 \times 2,1}{420}} \right)$$

$$= 0,005443$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,005443 > \rho_{\text{min}}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,005443 \times 500 \times 534.5$$

$$= 1454,8621 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{1454,862}{0.25\pi(25)^2}$$

$$= 3 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} = \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}$$

$$= \frac{500 - 3(25) - 2(40) - 2(13)}{3 - 1}$$

$$= 160 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

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

$$= 38,49990997 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{38,499}{0.80}$$

$$= 48,558 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0,030022 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 4D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$M_u = 0.5 M_u \text{ positif lapangan}$$

$$= 13499,2 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

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

$$\begin{aligned}
&= \frac{13499,2 \times 10^4}{0,90 (500) (534,5)^2} \\
&= 1,05 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{13,0719} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,0719 \times 1,05}{400}} \right) \\
&= 0,0026717 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0,00375 = \rho_{\text{min}} \\
A_s \text{ perlu} &= 0,00375 \times 500 \times 534,5 \\
&= 1002,1875 \text{ mm}^2 \\
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
&= \frac{1002,1875}{0,25\pi(25)^2} \\
&= 3 \text{ buah} \\
S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{500 - 3(25) - 2(40) - 2(13)}{3 - 1} \\
&= 160 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &> S_{\text{min}} \text{ (OK)} \\
\text{Kontrol Regangan:} \\
a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \\
&= 38,4999 \text{ mm} \\
c &= \frac{a}{\beta_1} \\
&= \frac{38,4999}{0,80} \\
&= 48,5584 \text{ mm} \\
\varepsilon_t &= 0,03 > 0,005 \text{ (OK)} \\
\therefore &\text{Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25} \\
- \text{Tulangan Geser} \\
V_u &= 134192 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 272595 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 204446,25 \text{ N} \\
 0.5\phi V_c &= 102223,125 \text{ N} \\
 V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 100218,75 \text{ N} \\
 \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) &= 75164,0625 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser minimum dalam perencanaan balok induk ini.

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max1}} &= \frac{d}{4} \\
 &= \frac{534.5}{4} \\
 &= 133,625 \text{ mm} \\
 S_{\text{max2}} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\
 &= 6 (25) \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\text{max3}} &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 100 \text{ mm} \\
 D_{\text{sengkang}} &= 13 \text{ mm} \\
 f_{y \text{ sengkang}} &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{Sengkang} &= 2 \text{ kaki} \\
 A_{v \text{ min1}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y} \\
 &= 46,5 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \text{ min2}} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\
 &= 43,75 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{sengkang}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\
 &= 265.465 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{265.465 \times 400 \times 534.5}{100} \\
 &= 567563,2704 \text{ N} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan D13-100 mm

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &= \frac{d}{2} \\
 &= \frac{534.5}{2} \\
 &= 267,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

∴ Maka digunakan tulangan geser lapangan D13-200 mm

- Setelah Komposit

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{45 - 28}{7} \\
 &= 0,7285714
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min1}} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\
 &= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{400} \\
 &= 0,004192627 \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min2}} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{400} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0.85 \times 0,7285 \times 45 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\
 &= 0,0418
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0,0418 = 0,031351$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$



$$= \frac{400}{0.85 (45)}$$

$$= 10,4575$$

$$d = h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - D_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}}$$

$$= 750 - 40 - 13 - 0.5(25)$$

$$= 684,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{clear cover} + D_{\text{senggang}} + 0.5D_{\text{tulangan}}$$

$$= 40 + 13 + 0.5(25)$$

$$= 65,5 \text{ mm}$$

$$M_{\text{tumpuan -}} = 53.639,28 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{tumpuan +}} = 25.410,92 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{lapangan +}} = 15.825,74 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{lapangan -}} = 4.017,62 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$V_u = 25.453,75 \text{ kg (Hasil ETABS)}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$M_u = 53639,28 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

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

$$= \frac{53639,28 \times 10^4}{0.90 (500) (684.5)^2}$$

$$= 2,544$$

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

$$= \frac{1}{10,457} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,457 \times 2,544}{400}} \right)$$

$$= 0,006586959$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,006586959 > \rho_{\text{min}}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,006586 \times 500 \times 634.5$$

$$= 2254,38684 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ pakai} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{2254,38684}{0.25\pi(25)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{sengakang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 5(25) - 2(40) - 2(13)}{5 - 1} \\
 &= 67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 4D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$M_u = 25410,92 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u \text{ min}} &= 0.5 M_{\text{tumpuan}} \\
 &= 26819,63955 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_{u \text{ pakai}} = 49321,87 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{26819,64 \times 10^4}{0.90 (500) (684.5)^2} \\
 &= 1,272
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{10,457} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,457 \times 1,272}{400}} \right) \\
 &= 0,003234
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,003234$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,003234 \times 500 \times 684.5 \\
 &= 1434,926747 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{1434,9267}{0.25 \pi (25)^2} \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$S_{\min 1} = D_{\text{tulangan}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{500 - 3(25) - 2(40) - 2(13)}{3 - 1} \\
 &= 160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 5D25

- Kontrol Tulangan Rangkap Tumpuan Negatif

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A_s}{bd} \\
 &= \frac{500 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\
 &= 0,0071712
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\
 &= \frac{3 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\
 &= 0,004302
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho - \rho' &= 0,0071712 - 0,004302 \\
 &= 0,002868
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{cy} &= \frac{0,85 f'_c d'}{d f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 45 \times 65,5}{684,5 \times 400} 0,7285 \left( \frac{600}{600 - 400} \right) \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$f'_s = 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right)$$

$$A_s f_y = 0,85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c b}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c b}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 70,2294 \text{ mm}$$

$$c_2 = -59,1412 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 70,2294 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 c \\
 &= 0,7285 (70,2294) \\
 &= 51,1672 \text{ mm} \\
 f'_s &= 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right) \\
 &= 600 \left( \frac{70,229-65,5}{70,229} \right) \\
 &= 40,406 \text{ MPa} \\
 M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left( d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\
 &= (5 \times 490,873 \times 400 - 3 \times 490,873 \times 40,406) (684,5 - \\
 &\quad 51,1672/2) + 3 \times 490,873 \times 40,406 (684,5 - 65,5) \\
 &= 64.451,45263 \text{ kgm} \\
 \phi M_n &= 0,90 (64.451,45263) \\
 &= 35.717,43577 \text{ kgm} \\
 \phi M_n &\geq M_u = 26.819,64 \text{ kgm (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0,003 \\
 &= 0,02623 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Rangkap Tumpuan Positif

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A_s}{bd} \\
 &= \frac{5 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\
 &= 0,007171276
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\
 &= \frac{3 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\
 &= 0,0043027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho - \rho' &= 0,0071712 - 0,0043027 \\
 &= 0,00286851
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{cy} &= \frac{0,85 f'_c d'}{d f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 45 \times 65,5}{684,5 \times 400} 0,80 \left( \frac{600}{600 - 400} \right) \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$\begin{aligned}
 f'_s &= 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right) \\
 A_s f_y &= 0.85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c) \\
 a &= \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b} \\
 \beta_1 c &= \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}
 \end{aligned}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 59,5573 \text{ mm}$$

$$c_2 = -116,231 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 59,5573 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 c \\
 &= 0.7285 (59,5573) \\
 &= 43,391 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'_s &= 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right) \\
 &= 600 \left( \frac{59,5573 - 65.5}{59,5573} \right) \\
 &= -59,868 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left( d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\
 &= 39686,03974 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0.90 (39686,03974) \\
 &= 35717,43577 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 26819,64 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\
 &= 0,0314793 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Positif Lapangan

$$M_u = 15825,744 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{0,750593359 \times 10^4}{0.90 (500) (684.5)^2} \\
 &= 0,75059
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,4575} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,457 \times 0,75059}{400}} \right) \\ &= 0,001895 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,004192 = \rho_{\text{min}} \\ A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,004192 \times 500 \times 634,5 \\ &= 1254,04 \text{ mm}^2 \\ n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\ &= \frac{1254,04}{0,25\pi(25)^2} \\ &= 4 \text{ buah} \\ S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \\ S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\ S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2D_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{400 - 4(25) - 2(40) - 2(13)}{4 - 1} \\ &= 98 \text{ mm} \\ S_{\text{hasil}} &> S_{\text{min}} \text{ (OK)} \\ &\therefore \text{Maka digunakan tulangan positif lapangan 4D25} \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned} M_u &= 4017,62 \text{ kgm} \\ M_{u \text{ min}} &= 0,25 M_{\text{tumpuan}} \\ &= 13409,819 \text{ kgm} \\ M_{u \text{ pakai}} &= 13409,819 \text{ kgm} \\ \phi &= 0,90 \\ R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{13409,819 \times 10^4}{0,90 (500) (684,5)^2} \\ &= 0,636 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,457} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,457 \times 0,636}{400}} \right) \\ &= 0,0016034\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} = 0,0041926$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0041926 \times 500 \times 684,5 \\ &= 1434,926747 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ pakai} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{1434,926747}{0,25 \pi (25)^2} \\ &= 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{500 - 3(25) - 2(40) - 2(13)}{3 - 1} \\ &= 159,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 3D25

- Kontrol Tulangan Rangkap Lapangan Positif

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{bd} \\ &= \frac{4 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\ &= 0,005737\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\ &= \frac{3 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\ &= 0,0043027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho - \rho' &= 0,005737 - 0,0043027 \\ &= 0,001434\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{cy} &= \frac{0.85f'_c d'}{d f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 45 \times 75.5}{634.5 \times 400} 0.72857 \left( \frac{600}{600 - 400} \right) \\ &= 0.02\end{aligned}$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$f'_s = 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right)$$

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 62,963 \text{ mm}$$

$$c_2 = -65,9664 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 62,9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}a &= \beta_1 c \\ &= 0.7285 (62,9) \\ &= 45,87 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f'_s &= 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right) \\ &= 600 \left( \frac{64,919 - 55.5}{83.66} \right) \\ &= -24,173 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left( d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\ &= (4 \times 490,87 \times 400 - 3 \times 490,87 \times 24,173) (684.5 - 65,5/2) + \\ &\quad 3 \times 490,87 \times 24,173 (684.5 - 65.5) \\ &= 52110,58 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0.90 (52110,58) \\ &= 46899,53057 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 15825,74 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \frac{d - c}{c} 0.003 \\ &= 0,0296142 > 0.005 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Rangkap Lapangan Negatif



$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{bd} \\ &= \frac{3 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\ &= 0,0043027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\ &= \frac{4 \times 490,873}{500 \times 684,5} \\ &= 0,005737021\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho - \rho' &= 0,005737 - 0,0043027 \\ &= -0,001434\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{cy} &= \frac{0,85f'_c d'}{d f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 40 \times 65,5}{684,5 \times 400} 0,7285 \left( \frac{600}{600 - 400} \right) \\ &= 0,020\end{aligned}$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$f'_s = 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right)$$

$$A_s f_y = 0,85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c b}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c b}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 58,226 \text{ mm}$$

$$c_2 = -95,1107 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 58,226 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}a &= \beta_1 c \\ &= 0,7285 (58,226) \\ &= 42,422 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f'_s &= 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right) \\ &= 600 \left( \frac{58,226 - 65,5}{58,226} \right) \\ &= -74,9525 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left( d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\ &= 39722,74285 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0.90 (39722,74285) \\ &= 35750,46856 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 13409,826 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\ &= 0,03226 > 0.005 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol Balok T Lapangan

$$\begin{aligned}b_{e1} &= \frac{l}{4} \\ &= \frac{8000}{4} \\ &= 2000 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b_{e2} &= b_w + 2(8h_f) \\ &= 500 + 16 (150) \\ &= 2900 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b_{e3} &= b_w + \textit{total transverse span} \\ &= 500 + 0.5 (8000 + 4000) \\ &= 5625 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$b_e \text{ pakai} = 2000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b_e} \\ &= 10,2666 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$t_f = 150 \text{ mm}$$

$a \leq t_f \rightarrow$  *the beam be considered as rectangular*

$$\begin{aligned}M_n &= A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1963,495(400) \left( 684.5 - \frac{10,2666}{2} \right) \\ &= 53357,33417 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0.90 (53357,33417) \\ &= 48021,60075 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 15825,744 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{10,2666}{0,728} \\ &= 14,09147032 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\ &= 0,142726454 > 0.005 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol Balok T Tumpuan

$$\begin{aligned}b_{e1} &= \frac{l}{4} \\ &= \frac{8000}{4} \\ &= 2000 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b_{e2} &= b_w + 2(8h_f) \\ &= 500 + 16(150) \\ &= 2900 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b_{e3} &= b_w + \text{total transverse span} \\ &= 500 + 0.5(8000 + 4000) \\ &= 5625 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$b_{e \text{ pakai}} = 2000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b_e} \\ &= 7,699981994 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$t_f = 150 \text{ mm}$$

$a \leq t_f \rightarrow$  the beam be considered as rectangular

$$\begin{aligned}M_n &= A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1472,6215(400) \left( 684.5 - \frac{7,6999}{2} \right) \\ &= 40093,59502 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0.90(40093,59502) \\ &= 36084,23552 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 26819,64 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{7,699}{0.728} \\ &= 10,568 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\ &= 0,1913019 > 0.005 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Tulangan Geser

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut ACI 318M-14 pasal 18.6.5.1, dalam mendesain gaya geser harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di *joints* ( $M_{pr}$ ). Nilai dari Gaya-gaya maksimum dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$M_{pr} = (A_s 1.25 f_y) \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s 1.25 f_y}{0.85 f'_c b}$$

Tabel 4. 34 Perhitungan  $M_{pr}$  Balok Induk

Lokasi			As' (mm <sup>2</sup> )	As (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	Mpr (kNm)	Mn (kNm)
Tumpuan	Kiri	Negatif	1472,621556	2454,369261	64,166517	800,635798	640,5086384
	Kanan	Positif	2454,369261	1472,621556	38,49991	489,8307783	391,8646227
	Kiri	Positif	2454,369261	1472,621556	38,49991	489,8307783	391,8646227
	Kanan	Negatif	1472,621556	2454,369261	64,166517	800,635798	640,5086384

$$M_{pr1} = 800,635798 \text{ kNm}$$

$$M_{pr2} = 489,83077 \text{ kNm}$$

$$L_n = 8 \text{ m} - 0,85 = 7,15 \text{ m}$$

$$W_u = 55,224 \text{ kN/m}$$

$$V_{e1} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2}$$

$$= \frac{800,635 + 489,83}{7,15} + \frac{55,224 \times 7,15}{2}$$

$$= 377,91 \text{ kN}$$

$$V_{e2} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} - \frac{W_u L_n}{2}$$

$$= \frac{800,635 + 489,83}{7,15} - \frac{55,224 \times 7,15}{2}$$

$$= 16,94 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ pakai}} = 377,91 \text{ kN}$$

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.6.5.2, tulangan transversal harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan  $V_c = 0$  apabila kedua persyaratan berikut terjadi.

Syarat 1:

$$M_{pr} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \geq 0.5 V_e \text{ pakai}$$

$$M_{pr} = \frac{800,635 + 489,83}{7,15} \geq 0.5 (377,91)$$

$$M_{pr} = 180,4848 \text{ kNm} \leq 188,955 \text{ kNm}$$

Syarat 2:

$$P_u \leq \frac{1}{20} A_g f'_c$$

Karena pada balok nilai  $P_u$  sangat kecil, maka syarat kedua dapat diabaikan. Namun karena syarat 1 tidak memenuhi, maka kekuatan beton  $V_c$  tetap diperhitungkan.

$$V_e = 377,910635 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 390,300 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 292,7250 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c = 146,362 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ min}} = 0.062 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 143,492 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 107,619 \text{ kN}$$

$$V'_s = 0.35 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 765,294 \text{ kN}$$

$$\phi V'_s = 573,9706 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V'_s) = 866,6957 \text{ kN}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kondisi 4:

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V'_s) \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 3 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok induk ini.

$$\begin{aligned}
S_{\max 1} &= \frac{d}{4} \\
&= \frac{684.5}{4} \\
&= 171,125 \text{ mm} \\
S_{\max 2} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\
&= 150 \text{ mm} \\
S_{\max 3} &= 150 \text{ mm} \\
S_{\text{pakai}} &= 150 \text{ mm} \\
D_{\text{sengkang}} &= 13 \text{ mm} \\
f_{y \text{ sengkang}} &= 400 \text{ MPa} \\
\text{Sengkang} &= 2 \text{ kaki} \\
A_{v \text{ min} 1} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y} \\
&= 77,98287 \text{ mm}^2 \\
A_{v \text{ min} 2} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\
&= 65,625 \text{ mm}^2 \\
A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{sengkang}}^2 \\
&= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\
&= 265.46 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{s_{\text{pakai}}} \\
&= \frac{265.46 \times 420 \times 624.5}{150} \\
&= 484561,3453 \text{ kN} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)} \\
&= 484561,3453 \text{ kN} > V_{s \text{ perlu}} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

Daerah plastis:

$$2h = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Peikko} = 248 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan 2D13-150 mm sepanjang daerah plastis = 1750 mm dengan sengkang pertama dipasang 50 mm dari tumpuan

$$V_u = 281268,6358 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} bd \\
&= 390300,0753 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\phi V_c = 292725,0565 \text{ kN}$$

$$0.5\phi V_c = 146362,5282 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ min}} = 0.062 \sqrt{f'_c} bd$$

$$= 143492,6747 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 107619,5061 \text{ kN}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok induk ini.

$$s_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

$$D_{\text{sengkang}} = 13 \text{ mm}$$

$$f_{y \text{ sengkang}} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Sengkang} = 2 \text{ kaki}$$

$$A_{v \text{ min1}} = 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y}$$

$$= 103,977161 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ min2}} = 0.35 \frac{bs}{f_y}$$

$$= 87,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ pakai}} = 2 \times 0.25 \pi D_{\text{sengkang}}^2$$

$$= 2 \times 0.25 \pi 13^2$$

$$= 265,4645 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = \frac{A_v f_y d}{s_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{265.46 \times 400 \times 684.5}{200}$$

$$= 363421,009 \text{ kN} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)}$$

$$= 363421,009 \text{ kN} > V_{s \text{ perlu}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser lapangan 2D13-200 mm sepanjang luar daerah plastis

- Tulangan Torsi

$$T_u = 5557,365 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 54,5 \text{ kNm} \\
 V_u &= 25.453,7514 \text{ kN} \\
 A_{cp} &= 500 \times 750 \\
 &= 375000 \text{ mm}^2 \\
 P_{cp} &= 2(500 + 750) \\
 &= 2.500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan ACI 318M-14 pasal 22.7.4.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor  $T_u$  kurang dari perumusan berikut:

$$\begin{aligned}
 T_u &\leq \phi T_{th} \\
 T_{cr} &= 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0.33 (1) \sqrt{45} \left( \frac{375000}{2500} \right) \\
 &= 124,521 \text{ kNm} \\
 \phi T_{cr} &= 93,3 \text{ kNm} \\
 \phi T_{cr} &\leq T_u = 54,5 \text{ kNm (Perlu Tulangan Torsi)} \\
 x_1 &= b - 2(\text{clear cover} + D_{senggang}) \\
 &= 500 - 2(40 + 13) \\
 &= 394 \text{ mm} \\
 y_1 &= h - 2(\text{clear cover} + D_{senggang}) \\
 &= 750 - 2(40 + 13) \\
 &= 644 \text{ mm} \\
 A_{oh} &= x_1 \times y_1 \\
 &= 394 \times 644 \\
 &= 253736 \text{ mm}^2 \\
 A_o &= 0.85 A_{oh} \\
 &= 215675,6 \text{ mm}^2 \\
 P_h &= 2(x_1 + y_1) \\
 &= 2(394 + 644) \\
 &= 2076 \text{ mm} \\
 \theta &= 45^\circ \\
 \cot \theta &= 1
 \end{aligned}$$

Cek Penampang Balok:

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{bd} \right)^2 + \left( \frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \right)} \leq \phi \left( \frac{V_c}{bd} + 0.66 \sqrt{f'_c} \right)$$



$$\sqrt{\left(\frac{254537,5}{400(684.5)}\right)^2 + \left(\frac{54,5 \times 10^6 \times 2.076}{1.7 \times 253736^2}\right)} = 1,273$$

$$0.75 \left( \frac{390300,1}{400(684.5)} + 0.66\sqrt{45} \right) = 4,175$$

1,273 ≤ 4,175 → penampang cukup

Tulangan Geser:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = 72,667 \text{ kNm}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_{yt} \cot \theta} = \frac{72,666 \times 10^6}{2 \times 215.675,6 \times 400 \times 1} = 0,421157 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{one leg}$$

$$V_s = V_n - V_c = 339383,4 - 390300,0753 = 50916,72 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yt} d} = \frac{50916,72}{400(684.5)} = 0,1859631 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{two leg}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2(0,4211) + 0,18596 = 0,0,6563 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{two leg}$$

$$D_{\text{senggang}} = 13 \text{ mm}$$

$$A_{vt} = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{vt}}{A_{vt}/s} = 404,4550 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max1}} = \frac{P_h}{8} = 259,5 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max2}} = 300 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 400 \text{ mm}$$

$$A_{vt \text{ min1}} = 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_{yt}} = 207,9543219 \text{ mm}^2$$

$$A_{vt \min 2} = 0.35 \frac{bs}{f_{yt}}$$

$$= 175 \text{ mm}^2$$

$$A_{vt} \geq A_{vt \min} \text{ (OK)}$$

Tulangan Longitudinal:

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

$$= 874,32236 \text{ mm}^2$$

$$A_{l \min} = \frac{0.42 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$= 1767,032937 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\frac{A_t}{s} \min = 0.175 \frac{b}{f_{yt}}$$

$$= 0,21875 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{one leg} \text{ (OK)}$$

Tulangan longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke atas, 25% didistribusikan ke bawah, dan 50% didistribusikan merata ke kiri dan ke kanan. Hasil dari kebutuhan luas tulangan longitudinal torsi akan digabung dengan kebutuhan luas tulangan lentur yang dihitung sebelumnya.

#### 4.4.2.4 Pengangkatan Balok Induk

Sebelum melakukan instalasi balok induk, balok induk terlebih dahulu mengalami proses pengangkatan menuju titik lokasi pemasangan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan tulangan angkat untuk balok induk seperti pada balok anak yang telah dibahas pada subbab 2 sebelumnya. Untuk pengangkatan balok induk pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan dua titik angkat tanpa bantuan *spreader beam*.

- Perhitungan Tulangan Angkat

$$\text{Faktor Kejut (K)} = 1.2$$

$$\text{DL} = h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,60 (0.5) (8) (2400)$$

$$= 5760 \text{ kg}$$

$$q = K \times 1.4 \text{DL}$$

$$= 1.2 (1.4) (5760)$$

$$= 9676,8 \text{ kg}$$

Gaya Angkat ( $T_u$ ):

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{q}{2(\cos 45)} \\ &= \frac{9676,8}{2\cos(45)} \\ &= 6214 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Angkat

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

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{SF} \\ &= \frac{0.7\sqrt{35}}{1.5} \\ &= 3,1304 \text{ MPa} \end{aligned}$$

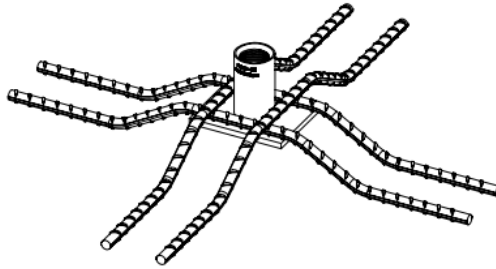
$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{6} b(h_{\text{pracetak}})^2 \\ &= \frac{1}{6} 50(60)^2 \\ &= 30.000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{balok}} &= \frac{M_u}{Z} \\ &= \frac{1,817 \times 10^4}{30000 \times 10^3} \\ &= 0.6059 \text{ MPa} \end{aligned}$$

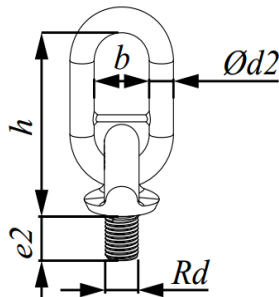
$$\sigma_{\text{balok}} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}$$

- Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL tipe JRd/JM36. Di setiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 63 kN dengan sudut  $0^\circ - 45^\circ$ .



Gambar 4. 26 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 4. 27 Kait JL

#### 4.4.2.5 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Berikut merupakan rekapitulasi tulangan balok induk.

Tabel 4. 35 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (1)

Tipe Balok	BI 1		BI 2		BI 3	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	500 mm x 750 mm		500 mm x 750 mm		400 mm x 600 mm	
Bentang	8 m		5,6 m		4,8 m	
Decking	40 mm		40 mm		40 mm	
Atas	6D25	4D25	8D29	4D29	6D25	3D25
Tengah	2D25	2D25	2D29	2D29	2D25	2D25
Bawah	4D25	5D25	5D29	5D29	4D25	4D25
Senggang	2D13-100 mm	2D13-200 mm	2D13-120 mm	2D13-240 mm	2D13-100 mm	2D13-200 mm
Tipe JRd/JM	PSA JRd/JM 36		PSA JRd/JM 36		PSA JRd/JM 36	

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (2)

BI 4		BI 5	
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
400 mm x 600 mm		500 mm x 750 mm	
4 m		2,5 m	
40 mm		40 mm	
5D25	3D25	7D25	4D25
2D25	2D25	2D25	2D25
4D25	4D25	6D25	5D25
2D13-100 mm	2D13-200 mm	2D13-100 mm	2D13-100 mm
PSA JRd/JM 24		PSA JRd/JM 24	

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (3)

Tipe Balok	BI 6		BI 7		BI 8	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400 mm x 600 mm		500 mm x 750 mm		500 mm x 750 mm	
Bentang	8 m		5,6 m		5,5 m	
Decking	40 mm		40 mm		40 mm	
Atas	8D25	4D25	7D25	4D25	7D25	4D25
Tengah	3D25	3D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Bawah	5D25	4D25	4D25	5D25	4D25	5D25
Senggang	2D13-100 mm	2D13-200 mm	2D13-40 mm	2D13-200 mm	2D13-100 mm	2D13-260 mm
Tipe JRd/JM	PSA JRd/JM 36		PSA JRd/JM 36		PSA JRd/JM 36	

Tabel 4. 38 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (4)

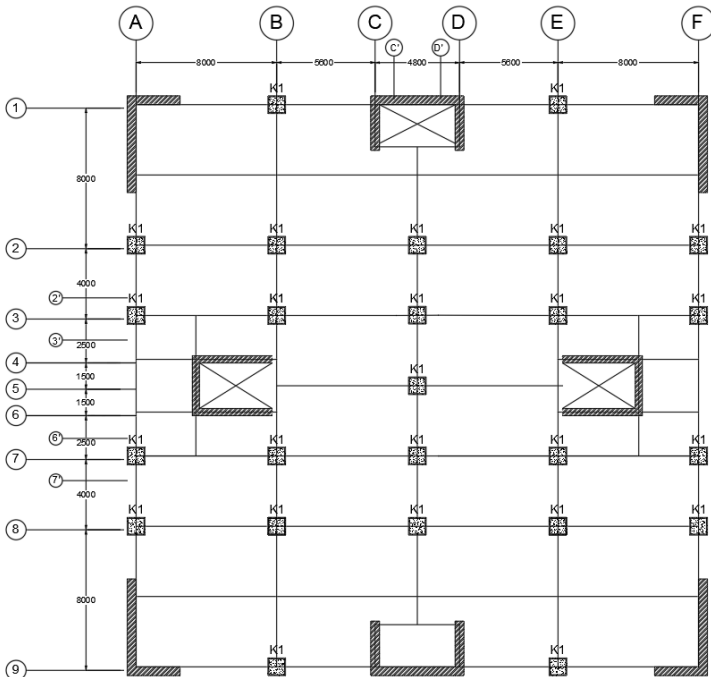
BI 9		BI 10	
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
500 mm x 750 mm		500 mm x 750 mm	
3,4 m		2,5 m	
40 mm		40 mm	
5D25	4D25	5D25	4 D25
2D25	2D25	2D25	2 D25
4D25	5D25	4D25	5 D25
2D13-100 mm	2D13-200 mm	2D13-100 mm	2D13-100 mm
PSA JRd/JM 24		PSA JRd/JM 24	

#### 4.4.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk. Selain itu kolom juga berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom untuk tugas akhir pada gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta dibedakan menjadi 6 tipe kolom, yaitu:

- K1 dimensi 100x100 cm dengan tinggi 4 m
- K2 dimensi 95x95 cm dengan tinggi 4 m

- K3 dimensi 85x85 cm dengan tinggi 4 m
- K4 dimensi 75x75 cm dengan tinggi 4 m
- K5 dimensi 65x65 cm dengan tinggi 4 m
- K6 dimensi 60x60 cm dengan tinggi 4 m



Gambar 4. 28 Denah Kolom

#### 4.4.3.1 Data Perencanaan Kolom

- H : 1000 mm
- B : 1000 mm
- Mutu Beton : 45 Mpa
- Mutu Baja Tulangan : 400 Mpa
- Tebal decking : 40 mm
- Diameter Tulangan Utama (D) : 29 mm
- Diameter Sengkang (Ø) : 16 mm

#### 4.4.3.2 Gaya Dalam yang Terjadi pada Kolom

Tabel 4. 39 Gaya dalam pada kolom

Kombinasi Beban	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
1,2 D + L - RSX	9.169,62	136,86	206,45	31,00	1.342,59
1,2 D + 1L- RSY	9.012,80	237,70	82,41	24,14	532,97
1,2 D + L + RSX	7.736,06	64,42	205,83	31,71	1.312,62
1,2 D + L + RSY	7.892,88	165,25	81,79	24,86	503,00
1,2D + 1,6L	8.467,17	35,69	1,13	0,38	16,59
1,4D	7.770,01	33,22	0,39	0,33	13,99
1,2D + 1L	7.709,41	33,94	0,97	0,29	11,25
0,9 D - RSX	5.004,32	119,51	205,60	31,19	1.333,86
0,9 D - RSY	4.847,50	220,35	81,56	24,34	524,24
0,9 D + RSY	3.727,58	182,60	82,64	24,66	511,72
0,9 D + RSX	3.570,76	81,77	206,68	31,52	1.321,35

#### 4.4.3.3 Syarat Komponen Struktur Kolom

SNI Pasal 21.6.1 mensyaratkan :

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi  $A_g f' / 10$  (SNI2847:2013 pasal 21.6.1).

$$P_u = 9169 \text{ kN}$$

$$A_g \times \frac{f'c}{10} = 1000 \times 1000 \times \frac{40}{10} = 4.000,000 \text{ N} = 4.000 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya aksial terfaktor} = 20771,79 \text{ kN} > A_g \times \frac{f'c}{10} = 4000 \text{ kN}$$

memenuhi syarat

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)  
Ukuran penampang terpendek 1000 mm > 300 mm (OK)
- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.2)  
Ratio b/h = 1000/1000 = 1 > 0,4 (OK)

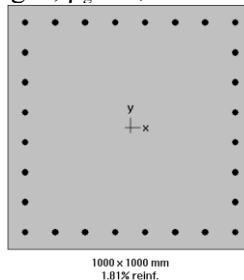
Tabel 4. 40 Rekapitulasi Persyaratan Dimensi Kolom

Nama Kolom	b (mm)	h (mm)	Pu (kN)	0,1.Ag.fc'	Pu > 0,1.Ag.fc'	b>300 mm	b/h>0,4
K6	600	600	3115	1440	OK	OK	OK
K5	650	650	5972	1690	OK	OK	OK
K4	750	750	9015	2250	OK	OK	OK
K3	850	850	12500,10	2890	OK	OK	OK
K2	950	950	15979,60	3610	OK	OK	OK
K1	1000	1000	20771,79	4000	OK	OK	OK

#### 4.4.3.4 Konfigurasi Penulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  dan lebih dari  $0,06 A_g$ . Sebagai asumsi awal, tulangan longitudinal kolom dipasang sebanyak 28 buah dengan diameter 29 mm. Penampang tersebut selanjutnya dievaluasi menggunakan program bantu spColumn dengan data pembebanan pada **table 4.53**.

Dengan konfigurasi seperti terlihat pada **gambar 4.30** kolom memiliki rasio tulangan,  $\rho_g = 1,81\%$  atau 28D29.



Gambar 4. 29 Rasio Tulangan Kolom K1 pada SP Column

Dengan rasio tersebut, maka persyaratan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1 telah terpenuhi.

Tabel 4. 41 Rekapitulasi Konfigurasi Tulangan Kolom



Nama Kolom	b (mm)	h (mm)	cover (mm)	Tul. Transversal (mm)	n (buah)	db (mm)	As (mm <sup>2</sup> )	$\rho_g$	$0,01 < \rho_g < 0,06$
K6	600	600	40	16	16	29	10568	0,0294	OK
K5	650	650	40	16	20	29	13210	0,0313	OK
K4	750	750	40	16	20	29	13210	0,0235	OK
K3	850	850	40	16	20	29	13210	0,0183	OK
K2	950	950	40	16	24	29	15852	0,0176	OK
K1	1000	1000	40	16	28	29	18495	0,0185	OK

#### 4.4.3.5 Kontrol Spasi Tulangan

Spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847:2013 pasal 7.6.1)

$$S = \frac{b_w - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul utama}}}{\frac{n-1}{7-1}}$$

$$= \frac{1000 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 16 - 7 \cdot 29}{7-1} = 114 \text{ mm} > 29 \text{ mm}$$

#### 4.4.3.6 Cek Kapasitas Kolom Terhadap Beban Aksial

SNI 2847-2013 Pasal 10.3.6.2 mengatur besarnya beban aksial terfaktor hasil analisa struktur harus mampu ditahan oleh kapasitas beban aksial penampang kolom yang dihitung pada persamaan berikut :

$$A_{st} = 20 \times 0,25 \pi D^2 = 24 \times 0,25 \pi 29^2 = 13.210 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n(\text{max}) = 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}]$$

$$= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 40 \times (1.000.000 - 13.210) + 400 \times 15.852]$$

$$= 20.744 \text{ kN} > P_u = 9169 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

#### 4.4.3.7 Cek Persyaratan Strong Column-Weak Beam

SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan bahwa kuat kolom  $\phi M_n$  harus memenuhi  $\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_g$ , dimana :

$\Sigma M_c$  : Jumlah momen nominal ( $M_{nc}$ ) kolom-kolom yang bertemu di join

$\Sigma M_g$  : Jumlah momen nominal ( $M_{nb}$ ) balok-balok yang bertemu di join

### 1. Menentukan Total Momen Balok ( $\Sigma M_{nb}$ )

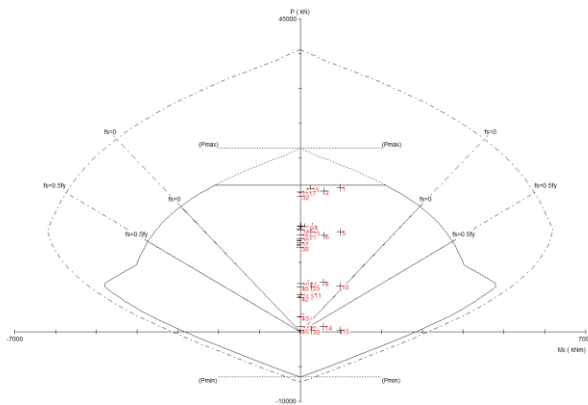
Pada perhitungan ini, struktur mengalami goyangan ke kanan arah X yang melibatkan momen nominal dari tulangan bawah BI 1 sebagai balok kanan dan tulangan atas BI 2 sebagai balok kiri.

$$\begin{aligned}
 \text{Mnb kanan} &= 587 \text{ kNm (BI1 tulangan bawah)} \\
 \text{Mnb kiri} &= 906 \text{ kNm (BI1 tulangan atas)} \\
 \Sigma \text{Mnb} &= \text{Mnb kanan} + \text{Mnb kiri} \\
 &= 587 + 906 \text{ kNm} \\
 &= 1493 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

## 2. Menentukan Total Momen Kolom ( $\Sigma M_{nc}$ )

Dikarenakan dimensi kolom dan penulangan kolom lantai desain dan lantai 2 sama, maka berdasarkan konfigurasi penulangan seperti ditunjukkan pada gambar 4.31, diperoleh diagram interaksi P-M kolom K1 ditinjau dari arah X yaitu sebagai berikut :

### - Diagram Interaksi



Gambar 4. 30 Diagram Interaksi Kolom K1

- Tabel 4. 42  $\phi$ Mnx kolom lantai 1

No	Pu	Mux	$\phi$ Mnx
	kN	kNm	kNm
16	20669.04	252.93	2231.63
17	20155.30	174.85	2385.89
18	15178.79	21.02	3458.71
19	15136.23	113.24	3465.02
20	14356.84	260.18	3573.55
21	13843.10	182.10	3639.98
22	13089.17	5.67	3725.67
23	12456.63	9.91	3790.20
24	7028.00	195.65	4779.66
25	6514.26	273.73	4801.05
26	5377.03	120.28	4540.48
27	5131.59	25.84	4480.69
28	2203.83	44.22	3639.71
29	715.80	188.40	3101.86
30	202.06	266.48	2904.98

Gambar 4. 31 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Lt.1  
 $\phi$ Mn-x kolom lantai 1 sebesar = 2231,63 kNm

- Tabel 4. 43  $\phi$ Mnx kolom lantai 2

No	Pu	Mux	$\phi$ Mnx
	kN	kNm	kNm
31	20098.77	1.25	2402.29
32	19567.60	2.39	2551.74
33	14786.51	0.00	3515.33
34	14698.52	2.21	3527.57
35	13945.32	1.25	3625.82
36	13414.15	2.39	3689.97
37	12787.42	0.00	3757.24
38	12156.23	0.00	3818.73
39	6962.56	2.39	4796.00
40	6431.39	1.25	4784.96
41	5352.56	2.21	4534.56
42	4953.93	0.66	4436.90
43	2150.14	0.66	3621.93
44	809.11	2.39	3137.25
45	277.94	1.25	2934.24

Gambar 4. 32 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Lt.1  
 $\phi$ Mn-x kolom lantai 2 pada bagian dasar kolom = 2402,29 kNm.  
 Berdasarkan *output* program SP Column, diperoleh total momen-  
 momen arah X yang bertemu di joint yaitu sebesar :

$$\sum M_{nc-x} = 2529,48 \text{ kN-m} + 2688,69 \text{ kN-m} = 5218,17 \text{ kN-m.}$$

$$\sum M_{nb-x} \text{ sebesar } 1493 \text{ kN-m,}$$

Persyaratan *strong column-weak beam*

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

$$5218,17 \text{ kN-m} \geq 1,2 \times 1493 \text{ kNm} = 1792 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan control *strong column weak beam* dapat dilihat pada **Tabel 4.48**.

Tabel 4. 44 Rekapitulasi Kontrol “*Strong Column Weak Beam*”  
Arah X

Nama Kolom	Arah X							
	Goyang ke Kanan							
	Momen Nominal Kolom			Momen Nominal Balok				
	Mnc atas	Mnc bawah	Mnc total	Mn balok kiri	Mn balok kanan	Mnb total	1,2 Mnb	Mnc > 1,2 Mnb
K6	1002,07	988,3	1990,37	906	587	1493	1792	OK
K5	1059,17	1096,45	2155,62	906	587	1493	1792	OK
K4	1397,33	1463,98	2861,31	906	587	1493	1792	OK
K3	1886,74	1987,07	3873,81	520	906	1426	1712	OK
K2	2537,36	2710,15	5247,51	906	587	1493	1792	OK
K1	2529,48	2688,69	5218,17	906	587	1493	1792	OK

Tabel 4. 45 Rekapitulasi Kontrol “*Strong Column Weak Beam*”  
Arah Y

Arah Y				
goyang ke kanan				
Momen Nominal Balok				
Mn balok kiri	Mn balok kanan	Mnb total	1,2 Mnb	Mnc > 1,2 Mnb
360,99	222,45	583,44	700,129	OK
360,99	222,45	583,44	700,129	OK
992,74	222,45	1215,19	1458,23	OK
992,7435	0	992,743	1191,29	OK
624,8151	516,98839	1141,8	1370,16	OK
624,8151	516,98839	1141,8	1370,16	OK

#### 4.4.3.8 Desain Tulangan Transversal Kolom

##### a. Tulangan Transversal Sebagai Pengekang Inti Beton (*Convinement*)

Selain menahan gaya geser, tulangan transversal memiliki fungsi yang sangat penting untuk diperhitungkan, yaitu sebagai pengekang atau *convinement*. Ketika menerima gaya gempa, kolom mengalami momen maksimum pada bagian ujungnya. Deformasi non-linear dapat terjadi dan sebagai material yang getas,

beton sangat rentan mengalami keruntuhan karena tidak memiliki daktilitas yang memadai.

***Spasi Tulangan Convinement di Daerah Sendi Plastik***

Besar spasi tulangan *convinement* tersebut harus memenuhi pertaruhan **SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3** seperti berikut :

Spasi tulangan maksimum adalah yang terkecil di antara :

1.  $\frac{1}{4}$  dimensi penampang kolom terkecil =  $\frac{1}{4} \times 1000 = 250$  mm
2. 6 kali diameter tulangan longitudinal =  $6 \times 29 = 174$  mm
3. So menurut persamaan  

$$S_o \leq 100 + (350 - h_x)/3$$
 dimana :

$$x_1 = 245 \text{ mm}$$

$$x_2 = 320 \text{ mm}$$

$$h_x = x_i \text{ terbesar} = 331 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left( \frac{350 - 320}{3} \right) = 110 \text{ mm}$$

Dengan demikian spasi yang digunakan yaitu 100 mm.

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 mengatur luas tulangan geser yang perlu disediakan untuk memberikan pengekangan yang cukup. Luas tersebut harus diambil yang paling kecil antara :

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dimana :

S = jarak spasi tulangan transversal (mm)

$B_c$  = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

$A_g$  = luasan penampang kolom ( $\text{mm}^2$ )

$A_{ch}$  = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

$F_{yt}$  = kuat leleh tulangan transversal (MPa)

Untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4):

- $A_{sh1} = 0,3 \cdot \left( \frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_{yt}} \right) \cdot \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$
- $A_{sh2} = 0,09 \cdot \left( \frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_{yt}} \right)$
- $b_c = \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)}$   
 $= b - 2 \left( t_s + \frac{1}{2} \cdot d_s \right)$   
 $= 1000 - 2 \left( 40 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right)$   
 $= 904 \text{ mm}$
- $A_{ch} = (b - 2t_s) \times (h - 2t_s)$   
 $= (1000 - 2 \cdot 40) \times (1000 - 2 \cdot 40)$   
 $= 846.400 \text{ mm}^2$
- $A_{sh1} = 0,3 \cdot \left( \frac{100 \times 904 \times 40}{400} \right) \cdot \left( \frac{1000 \times 1000}{846.400} - 1 \right)$   
 $= 492,1587 \text{ mm}^2$
- $A_{sh2} = 0,09 \cdot \left( \frac{100 \times 904 \times 40}{400} \right) = 813,6 \text{ mm}^2$

Jadi digunakan 5D16-100 dengan  $A_s \text{ pasang} = 5 \times 0,25 \times \pi \times (16)^2 = 1005,31 \text{ mm}^2 > 813,6 \text{ mm}^2$

Tabel 4. 46 Rekapitulasi Luas Penampang Hoops Berdasarkan SNI 2847:2013

Luas Penampang Hoops (Pasal 21.6.4.4)							
Kolom	Ag (mm2)	Ach (mm2)	Ash 1 (mm2)	Ash 2 (mm2)	Ash pakai (mm2)	As D16 (mm2)	Ash > As (D16)
K6	360000	270400	601,221	544,32	601,2213	804,25	OK
K5	422500	324900	599,118	598,32	599,118	804,25	OK
K4	562500	448900	595,812	706,32	706,32	804,25	OK
K3	722500	592900	593,331	814,32	814,32	1005,31	OK
K2	902500	756900	492,836	768,6	768,6	804,25	OK
K1	1000000	846400	492,159	813,6	813,6	1005,31	OK

Tabel 4. 47 Rekapitulasi Spasi Tulangan Hoop Berdasarkan SNI 2847:2013

Nama Kolom	Spasi tulangan hoop (Pasal 21.6.4.3)										
	0,25 b (mm)	6db (mm)	So					Spasi maksimum (mm)	Spasi minimum (mm)	Spakai (mm)	s (mm)
			Jarak antar tul. Longitudinal	bc (mm)	xi (mm)	xi (mm)	So (mm)				
K6	150	174	76,92307692	504	92	200	150	150	100	150	120
K5	162,5	174	60,82352941	554	92	200	150	150	100	150	120
K4	187,5	174	78,47058824	654	92	200	150	150	100	150	120
K3	212,5	174	148,25	754	110	264	128,667	150	100	128,67	120
K2	237,5	174	132,8	854	177	330	106,667	150	100	106,67	100
K1	250	174	114,1666667	904	245	320	110	150	100	110,00	100

Adapun **Persyaratan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1** mengatur tinggi zona pemasangan tulangan. Tulangan *hoop* dengan spasi yang telah dihitung tersebut harus dipasang sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom.  $l_o$  dipilih yang terbesar antara :

1. Tinggi elemen kolom di join,  $h = 1000$  mm
2.  $1/6$  bentang bersih komponen struktur,  $= 1/6 \times (4000 - 700)$   
 $= 550$  mm
3. 450 mm

Jadi panjang  $l_o$  sebesar 1000 mm dari ujung-ujung kolom.

Tabel 4. 48 Rekapitulasi Perhitungan Panjang  $l_o$  pada Masing – Masing Tipe Kolom

Panjang $l_o$ (Pasal 21.6.4.1)		
Kolom	$1/6 l_n$	$l_o$ (mm)
K6	716,67	716,667
K5	716,67	716,667
K4	716,67	750
K3	550	850
K2	550	950
K1	550	1000

### ***Spasi Tulangan Convinement di Daerah Luar Sendi Plastis***

Untuk daerah kolom diluar  $l_o$ , tulangan *convinement* dapat dipasang dengan spasi berdasarkan syarat SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5. Spasi harus diambil yang terkecil dari dua syarat berikut :

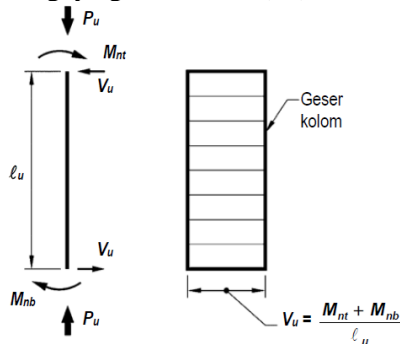
- 1)  $6 \times$  diameter tulangan longitudinal terkecil =  $6 \times 29$  mm = 174 mm
- 2) 150 mm.

Dengan demikian, untuk daerah luar  $l_o$ , tulangan dipasang tiap interval 150 mm.

### **b. Tulangan Transversal Sebagai Penahan Gaya Geser**

#### ***Menentukan Gaya Geser Desain***

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.1 mengatur pendetailan tulangan geser pada struktur rangka pemikul momen khusus. Sama seperti dalam mendesain komponen balok, momen probabilistik ( $M_{pr}$ ) digunakan untuk memperoleh gaya geser desain ( $V_e$ ).



Gambar 4. 33 Penentuan gaya geser pada kolom

**Gambar 4.34** menunjukkan perhitungan besar gaya geser desain yang harus diambil. Nilai  $M_{pr}$  pada ujung-ujung kolom diperoleh dari diagram interaksi dengan faktor kuat lebih pada material tulangan longitudinal sebesar **25%** ( $f_s = 1,25f_y$ ). Momen nominal terfaktor paling besar dari semua kombinasi harus diambil sebagai  $M_{pr}$ .



Dengan adanya faktor kuat lebih, tegangan leleh baja sebesar 400 MPa diperbesar 1,25% menjadi 500 MPa. **Tabel 4.30** dan **Tabel 4.31** berturut-turut memberikan output momen nominal penampang kolom dari program spColumn pada ujung bawah kolom dan ujung atas kolom desain.

Sehingga gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (a), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (b) dan harus melebihi nilai (c).

$$(a) V_{e1} = \frac{M_{prc\ atas} + M_{prbawah}}{l_u}$$

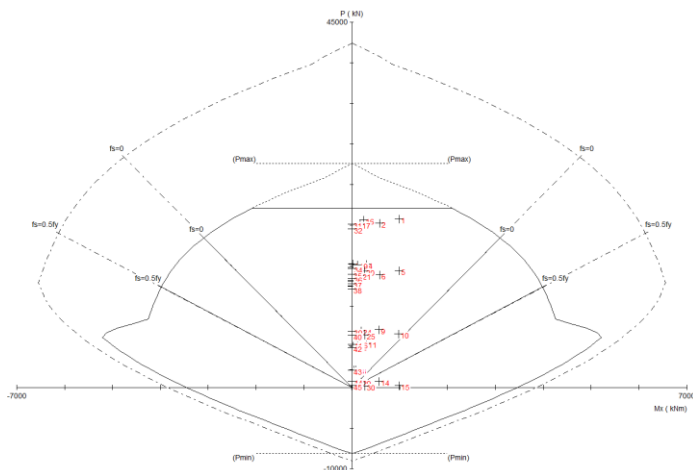
$$(b) V_{e2} = \frac{M_{pr^+} + M_{pr^-}}{l_n}$$

(c)  $V_u$  hasil analisa struktur

- Pehitungan gaya geser desain

(a) Menghitung nilai  $V_{e1}$

$M_{prc.atas}$  dan  $M_{prc.bawah}$  didapatkan dari diagram interaksi  $P_n-M_{pr}$  kolom. Diagram interaksi didapat dengan menggunakan  $f_s = 1,25 f_y$  dan  $\phi = 1$ . Berikut merupakan output diagram interaksi dengan  $f_s = 1,25 f_y$ .



Gambar 4. 34 Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Atas dan Bawah  $f_s = 1,25 f_y$

Tabel 4. 49 Output program spColumn, ujung bawah kolom lt. 1

No	Pu	Mux	$\phi Mnx$
	kN	kNm	kNm
1	20771.79	990.13	2499.68
2	20258.05	580.61	2645.26
3	15272.10	12.14	3657.70
4	15227.09	308.92	3663.94
5	14417.38	986.01	3768.98
6	13903.64	576.49	3830.37
7	13198.03	2.81	3904.70
8	12549.94	5.45	3965.95
9	7130.75	569.23	4971.33
10	6617.01	978.75	5184.53
11	5467.90	305.56	5062.87
12	5133.25	97.46	4991.24
13	2205.50	86.88	4199.21
14	776.34	573.36	3730.19
15	262.60	982.88	3557.04

Sehingga didapatkan  $M_{prc}$  bawah = 5184,53 kNm

Tabel 4. 50 Output program spColumn, ujung atas kolom lt. 1

No	Pu	Mux	φMnx
	kN	kNm	kNm
16	20669.04	252.93	2529.48
17	20155.30	174.85	2673.37
18	15178.79	21.02	3670.59
19	15136.23	113.24	3676.39
20	14356.84	260.18	3776.31
21	13843.10	182.10	3837.09
22	13089.17	5.67	3915.44
23	12456.63	9.91	3974.27
24	7028.00	195.65	5014.72
25	6514.26	273.73	5226.10
26	5377.03	120.28	5043.50
27	5131.59	25.84	4990.88
28	2203.83	44.22	4198.68
29	715.80	188.40	3709.88
30	202.06	266.48	3536.53

Sehingga didapatkan  $M_{prc\ atas} = 5226,1\text{ kNm}$ .

Maka, dapat dihitung

$$V_{e1} = \frac{M_{prc\ bawah} + M_{prc\ atas}}{lu} = \frac{5184,53\text{ kN.m} + 5226,1\text{ kN.m}}{(4-0,7)\text{ m}} = 3154,74\text{ kN}$$

(b) Menghitung  $V_{e2}$

Nilai  $M_{pr\ 1}$  dan  $M_{pr\ 2}$  merupakan nilai pada balok yaitu sebesar 565,7 kNm dan 331,92 kNm

$$V_{e2} = \frac{M_{pr^+} + M_{pr^-}}{ln} = \frac{2 \times 0,5 (565,7\text{ kN.m} + 331,92\text{ kN.m})}{(4-0,7)\text{ m}} = 565,70\text{ kN}$$

(c)  $V_u$  hasil analisa struktur ETABS

Berdasarkan output ETABS didapatkan nilai  $V_u = 232,7\text{ kN}$ , sedangkan didapatkan  $V_{e\text{maks}}$  hasil perhitungan sebesar 3154,74 kN, maka nilai  $V_e > V_u$ .

Berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 yaitu nilai  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan analisa struktur.

Sehingga perencanaan geser memenuhi persyaratan (OK).

Tabel 4. 51 Rekapitulasi Perhitungan Gaya Geser yang Digunakan

Nama Kolom	Mpr Kolom			Ve akibat Balok		Vu (kN) cari yang terbesar	Ve pakai (kN)	Ve > 0,5 Vu
	Mprc atas S1 station 3,3 (kNm)	Mprc bawah S1 station 0 (kNm)	Vswy (kN)	Vswy (goyang ke kanan)	Vswy (goyang ke kiri)			
K6	1173,34	1173,43	711,14	565,70	221	237,678	711,14	OK
K5	1443,18	1443,22	874,67	565,70	221	284,571	874,67	OK
K4	2679,13	2679,35	1623,78	565,70	405,063	325,988	1623,78	OK
K3	2810,07	2796,06	1698,83	540,30	376,039	476,555	1698,83	OK
K2	4299,29	4273,76	2597,89	565,70	331,92	437,915	2597,89	OK
K1	5226,1	5184,53	3154,74	565,70	331,92	232,70	3154,74	OK

- Perhitungan Tulangan Geser

a. Mengecek kontribusi beton diabaikan atau tidak

Berdasarkan SNI 2847:2013, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila:

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa,  $V_{swy}$ , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam lo.

$$50\% \cdot V_e > V_u$$

$$50\% \cdot 3154,74 \text{ kN} > 232,7 \text{ kN (OK)}$$

- Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u = 3053,82 \text{ kN}$  harus

$$\text{kurang dari } \frac{A_g \times f'_c}{20} = \frac{1000 \times 1000 \times 40}{20} = 2000 \text{ kN} <$$

$$P_u = 2205,5 \text{ (OK)}$$

Sehingga  $V_c$  diperhitungkan.

Tabel 4. 52 Rekapitulasi Pengecekan Kontribusi Beton Diabaikan atau Tidak

Vu (kN) cari yang terbesar	Ve pakai (kN)	Ve > 0,5 Vu	Pu > 0,05.Ag.fc	Keterangan
237,678	711,14	OK	NOT OK	Vc diperhitungkan
284,571	874,67	OK	NOT OK	Vc diperhitungkan
325,988	1623,78	OK	NOT OK	Vc diperhitungkan
476,555	1698,83	OK	NOT OK	Vc diperhitungkan
437,915	2597,89	OK	NOT OK	Vc diperhitungkan
232,70	3154,74	OK	NOT OK	Vc diperhitungkan

b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser, yaitu:

$$d = 1000 - 40 - 16 - \frac{29}{2} = 930 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \cdot \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{3053,82 \times 10^3}{14 \times 1000 \times 1000}\right) \cdot 1 \sqrt{40} \cdot 1000 \cdot 930 \\ &= 1156,81 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Menghitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom. Besarnya nilai Vs dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 4 D16 -100 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_e}{\phi} - V_c \\ &= \frac{3154}{0,75} - 1156,81 \\ &= 3049,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$A_v = 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 804 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = 103,9 \text{ mm} > \text{spakai} = 100 \text{ mm (OK)}$$

Sehingga pada daerah sepanjang lo dipakai 4D16-100 mm  
Tabel 4. 53 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Geser di Sepanjang Lo

Vc (kN)	Ve pakai (kN)	Keperluan Tul. Geser	Vs (kN)	d (mm)	Av (mm <sup>2</sup> )	Spasi (mm)	Spakai (mm)	Cek
392,13	711,14	Perlu	556,06	529,5	804,25	306,33	120	OK
506,04	874,67	Perlu	660,18	579,5	804,25	282,38	120	OK
703,76	1623,78	Perlu	1461,28	679,5	804,25	149,59	120	OK
900,51	1698,83	Perlu	1364,59	779,5	804,25	183,77	120	OK
1163,91	2597,89	Perlu	2299,94	879,5	804,25	123,02	100	OK
1156,81	3154,74	Perlu	3049,50	929,5	804,25	103,90	100	OK

d. Berdasarkan SNI 2847:2013 spasi minimum untuk tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi lo pada masing-masing ujung kolom) sebagai berikut:

- 6 x diameter tulangan longitudinal terkecil  
6 x 29 mm = 174 mm
- 150 mm

Jadi sengkang diluar daerah plastis adalah 4 D16-150 mm.

#### 4.4.3.9 Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah 1,3ld (SNI 2847:2013 pasal 12.15.1). Besarnya ld ditetapkan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai Kr = 0 untuk penyederhanaan desain.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f'c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\frac{Cb + K_{tr}}{db}} \right) \cdot db \text{ (SNI 2847:2013 pasal 12.2.4)}$$

Dimana:

$\Psi_t = 1$  (situasi lainnya)

$\Psi_e = 1$  (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s = 1$  (tulangan  $\geq D22$ )

$\lambda = 1$  (beton biasa)

d = 29 mm

nilai  $c_b$  merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini:

$$c_1 = 40 + 16 + \frac{29}{2} = 70,5 \text{ mm}$$

$$c_2 = \frac{1000 - 2 \times 70,5}{2} = 214,75 \text{ mm}$$

maka  $c_b = c_{\min} = 70,5 \text{ mm}$

$(c_b + k_{tr})/d_b = 2,43 < 2,5$  sehingga gunakan 2,43

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1,1 \cdot 1}{2,43} \right) \times 29 = 685,87 \text{ mm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 \times 685,87 \text{ mm} = 892 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.17.2.4, pada komponen struktur tekan bertulangan pengikat, dimana pengikat sepanjang panjang sambungan lewatan memiliki luas efektif tidak kurang dari **0,0015hs** dalam keduaarah, panjang sambungan lewatan diizinkan untuk dikalikan dengan 0,83, tetapi panjang lewatan tidak boleh kurang dari 300 mm. Kaki pengikat yang tegak lurus terhadap dimensi  $h$  harus digunakan dalam menentukan luas efektif.

$$0,0015 \times h \times s = 0,0015 \times 1000 \times 100 = 150 \text{ mm}^2 < A_v = 1005,31 \text{ mm}^2$$

Sehingga panjang lewatan dapat dikurangi menjadi

$$0,83 \times 1,3 l_d = 0,83 \times 892 = 740,057 \text{ mm} \sim 720 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang 720 mm

Tabel 4. 54 Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Lewatan

Nama Kolom	c1 (mm)	c2 (mm)	cb (mm)	$(c_b + k_{tr})/d_b$	ld (mm)	1,3 ld (mm)	Area sengkang	0,0015h xs	Ket.	0,83x1,3 ld	Panjang lewatan (mm)
K6	70,5	114,75	70,5	2,4	685,87	892	804,25	108	dikurangi faktor kali 0,83	740,0577892	750
K5	70,5	127,25	70,5	2,4	685,87	892	804,25	117	dikurangi faktor kali 0,83	740,0577892	750
K4	70,5	152,25	70,5	2,4	685,87	892	804,25	135	dikurangi faktor kali 0,83	740,0577892	750
K3	70,5	177,25	70,5	2,431034	685,87	892	1005,31	153	dikurangi faktor kali 0,83	740,0577892	750
K2	70,5	202,25	70,5	2,431034	685,87	892	804,25	142,5	dikurangi faktor kali 0,83	740,0577892	750
K1	70,5	214,75	70,5	2,431034	685,87	892	1005,31	150	dikurangi faktor kali 0,83	740,0577892	750

Berikut merupakan tabel rekapitulasi keseluruhan hasil perhitungan tulangan dan sambungan lewatan kolom berbagai tipe.

Tabel 4. 55 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Nama Kolom	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal			Sambungan Lewatan (mm)
	n (buah)	db (mm)	Lo (mm)	Di dalam Lo	Di Luar Lo	
K6	16	29	720	4D16-120	4D16-150	750
K5	20	29	720	4D16-120	4D16-150	750
K4	20	29	720	4D16-120	4D16-150	750
K3	20	29	850	4D16-120	4D16-150	750
K2	24	29	950	4D16-100	4D16-120	750
K1	28	29	1000	4D16-100	4D16-120	750

#### 4.4.4 Perencanaan *Shear Wall*

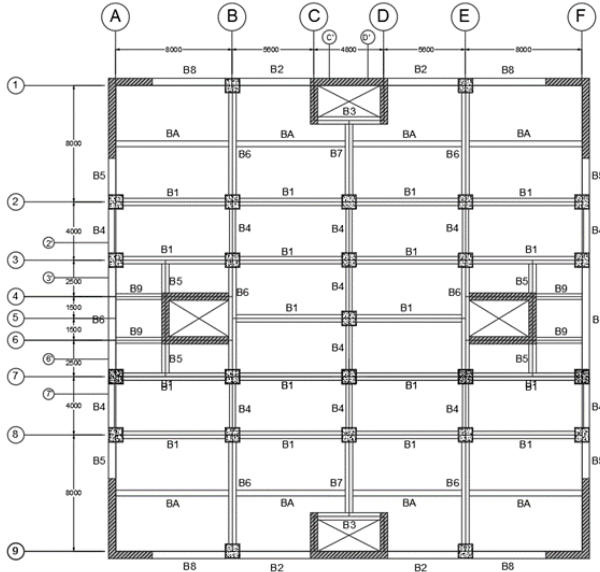
Suatu dinding geser direncanakan untuk menahan gaya gempa sebesar maksimal 75% gaya gempa yang disalurkan pada struktur bangunan. Perencanaan *shear wall* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *shear wall* arah X dan arah Y. *Shear wall* arah X menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu X. Sedangkan *shear wall* arah Y menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu Y. Akan ditunjukkan perhitungan *shear wall* arah Y.

##### 4.4.4.1 Data Perencanaan *Shear Wall*

Berikut merupakan data perencanaan *shear wall* pada gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta:

- Tebal Dinding = 50 cm
- Lebar Dinding = 700 cm
- Tinggi Dinding = 400 cm
- $f'_c$  = 40 MPa
- $f_y$  = 400 MPa
- Tulangan Longitudinal = 29 mm
- Tulangan Transversal = 13 mm
- *Clear Cover* = 40 mm
- Tinggi lantai : 400 cm (maksimum)
- Lebar dinding : 250 cm (x) dan 550 cm (y)



Gambar 4. 35 Lokasi *Shear Wall*

#### 4.4.4.2 Perhitungan Tulangan Dinding Geser

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada shearwall, yaitu :

Gaya aksial : 28640,252 kN (x) ; 28640,2523 kN (y)

Momen : 26748,7782 kNm (x) ; 6762,633 kNm (y)

Gaya geser : 672,8672 kN (x) ; 2071,0975 kN (y)

- Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Ketebalan dinding ( $h$ ) tidak boleh kurang dari persyaratan berikut:

$$h_{\min 1} = 100 \text{ mm}$$

$$h_{\min 2} = \frac{1}{25} h_w$$

$$= \frac{2500}{25}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$h_{\min 3} = \frac{1}{25} l_w$$

$$= \frac{4000}{25}$$

$$= 160 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pakai}} = 500 \text{ mm} \geq h_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Menurut ACI 318M-14 pasal 18.10.4.4, kombinasi  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar dari syarat berikut:

$$V_n \leq 0.83 A_{cw} \sqrt{f'_c}$$

$$A_{cw} = l_w \times h$$

$$= 2500 \times 500$$

$$= 1.250.000 \text{ mm}^2$$

$$V_u \leq \phi 0.83 A_{cw} \sqrt{f'_c}$$

$$V_u \leq 0.75 \times 0.83 \times 1.250.000 \sqrt{45}$$

$$672,8672 \text{ kN} \leq 6959,76158 \text{ kN (OK)}$$

- Jumlah Lapis Tulangan

Terdapat dua kondisi untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu:

- a. Bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi  $0.17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c}$

$$V_u < 0.17 \times 500 \times 2500 \times \frac{\sqrt{45}}{10}$$

$$672,8672 \text{ kN} < 1425,493336 \text{ kN} \rightarrow 1 \text{ lapis tulangan}$$

- b. Bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$500 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Penulangan pada dinding geser menggunakan **dua lapis tulangan**.

- Kuat Geser

Kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut:

$$V_u < \phi V_n$$

$$V_n = A_{cv} [\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{120}{2,5} = 48 > 2 ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0.17$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2 D16 dengan  $s = 200$  mm pada arah vertikal dan horizontal

$$\rho_n = \frac{A_s}{d' \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16}{452 \times 200} = 0,00445$$

$$V_n = 500 \times 2500 [0.17\sqrt{45} + 0,00445 \times 420]$$

$$V_n = 3761,776521 \text{ kN} > V_u = 672,8672 \text{ kN (OK)}$$

- **Kontrol rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal**

- Rasio tulangan Vertikal ( $\rho_l$ ) tidak boleh kurang dari 0.0015
- Rasio tulangan horizontal ( $\rho_t$ ) tidak boleh kurang dari 0.0025

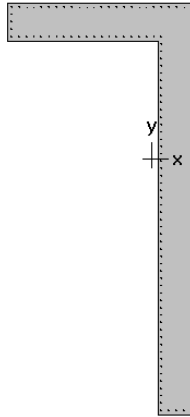
Dipakai tulangan vertikal dan horizontal 2D16 dengan rasio tulangan :

$$\rho_n = \frac{A_s}{d' \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{452 \times 100} = 0,00445 > 0,0025$$

- **Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal**

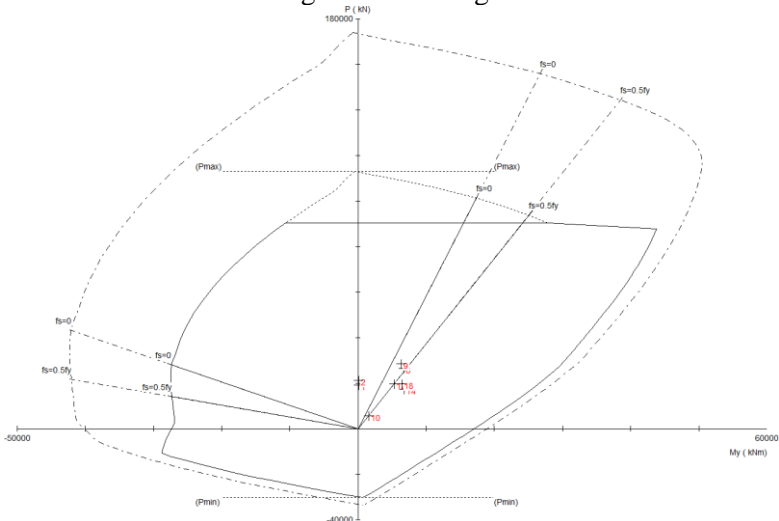
- Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :
  - $s \leq \frac{L_w}{5} = 500 \text{ mm (OK)}$
  - $s \leq 3h = 1500 \text{ mm (OK)}$
  - $s \leq 450 \text{ mm (OK)}$
  - S pakai = 200 mm (OK)
- Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :
  - $s \leq \frac{L_w}{3} = 833,333 \text{ mm (OK)}$
  - $s \leq 3h = 1500 \text{ mm (OK)}$
  - $s \leq 450 \text{ mm (OK)}$
  - s pakai = 200 mm (OK)

#### 4.4.4.3 Perencanaan Dinding Terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur



2500 x 5500 mm  
2.14% reinf.

Gambar 4. 36 Konfigurasi Penulangan Shearwall Pier 1



Gambar 4. 37 Diagram Interaksi P-M Shearwall Pier 1 Arah X  
Pada gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa dinding geser (dengan konfigurasi penulangan yang telah direncanakan

D25-200 mm) memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan kombinasi gaya aksial dan lentur terfaktor yang bekerja.

#### 4.4.4.4 Kontrol Komponen Batas

Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari  $0.2f'c$ .

##### 1. Melalui Pendekatan Tegangan

$$x_a = 1916 \text{ mm (jarak } x \text{ ke titik berat)}$$

$$x_b = 584 \text{ mm}$$

$$I_y = 1,536 \times 10^{12} \text{ mm}^4$$

Untuk ujung sisi kiri

$$\frac{My(M2 \text{ terbesar}) \cdot x_a}{I_y} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f'c$$

$$\frac{17577,34 \times 10^6 \times 2528,29}{4,5407 \times 10^{12}} + \frac{20473 \times 10^3}{500 \times 3100 + 500 \times 5750} > 0.2 \times 45$$

$$16,07 \text{ MPa} > 9 \text{ MPa (Butuh Komponen Batas)}$$

Untuk ujung sisi kanan

$$\frac{My \cdot x_b}{I_y} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f'c$$

$$\frac{17577,34 \times 10^6 \times 821,71}{4,5407 \times 10^{12}} + \frac{20473 \times 10^3}{500 \times 3100 + 500 \times 5750} > 0.2 \times 45$$

$$8,78 \text{ MPa} < 9 \text{ MPa (Tidak Butuh Komponen Batas)}$$

##### 2. Melalui Pendekatan Perpindahan

Nilai  $\delta u$  adalah nilai displacement pada lantai tertinggi pada masing-masing arah.

$$c > \frac{lw}{600 \left( \frac{\delta u}{hw} \right)} ; \frac{\delta u}{hw} > 0.007$$

$$\frac{\delta u}{hw} = \frac{148.872}{53200} = 0.00061875 < 0.007$$

$$\frac{\delta u}{hw} \text{ pakai} = 0.007$$

$$c > \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw}\right)} = \frac{2500}{600 (0.007)} = 595,238 \text{ mm}$$

Untuk ujung sisi kiri

Dari output SpColumn didapatkan nilai c sebesar 1535 mm  
 $1535 \text{ mm} > 595,238 \text{ mm}$  (**Butuh Komponen Batas**)

Untuk ujung sisi kanan

Dari output SpColumn didapatkan nilai c sebesar 206 mm  
 $206 \text{ mm} < 595,23 \text{ mm}$  (**Tidak Butuh Komponen Batas**)

Berdasarkan 2 syarat diatas salah satu syarat mengharuskan penggunaan komponen batas, komponen batas harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari pada  $(c - 0.1lw)$  dan  $c/2$

Untuk ujung sisi kiri

- $c - 0.1 Lw = 1535 - 0.1(2500) = 1285 \text{ mm}$   
(menentukan)
- $c/2 = \frac{1535}{2} = 767,5 \text{ mm}$

Digunakan jarak komponen pembatas  $> 1285 \text{ mm} = \mathbf{1300 \text{ mm}}$

#### 4.4.4.5 Tulangan Longitudina dan Transversal yang Diperlukan di Daerah Special Boundary Element

##### a. Tulangan Longitudinal

- Ujung Sisi Kiri

Dipasang  $2 \times (1300 \text{ mm}/200 \text{ (sp col) mm}) = 13 \text{ D16}$  di daerah komponen batas khusus. Rasio tulangan longitudinal yang dihasilkan adalah

$$\rho_l = \frac{13 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{500 \times 1300} = 0,03776 < 0,01 \text{ (OK)}$$

##### b. Tulangan confinement pada boundary element

Gunakan hoop berbentuk persegi dengan diameter tulangan D16

Karakteristik inti penampang :

bc = dimensi inti (core) diukur dari sumbu ke sumbu hoop  
 $= 500 - (2 \times 40) = 420 \text{ mm}$

Spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang terkecil diantara

- $\frac{1}{4}$  panjang sisi terpendek  $= \frac{1}{4} \times 500 \text{ mm} = 125 \text{ mm}$

- $6 db = 6 \times 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$

- $sx \leq 100 + \frac{350 - hx}{3}$

$$hx = 420 \text{ mm}$$

$$sx \leq 100 + \frac{350 - 420}{3}$$

$$sx \leq 76,7 \text{ mm}$$

Namun s, tidak perlu lebih kecil dari 100 mm

Jadi untuk tulangan hoop, gunakan tulangan diameter D16 spasi 100 mm.

Dengan menggunakan D16 spasi 100 mm, confinement yang dibutuhkan:

$$Ash = \frac{0,09 s bc fc'}{fy}$$

$$Ash = \frac{0,09 \times 100 \times 420 \times 45}{420}$$

$$Ash = 389,57 \text{ mm}^2$$

$$Ash \text{ pakai} = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 402,1 \text{ mm}^2$$

Ash pakai > Ash perlu ... (OK)

Berikut merupakan rekapitulasi Perhitungan Special Boundary Element Shearwall

Pier 3		arah x		arah y	
		ujung sisi kiri	ujung sisi kanan	ujung sisi atas	ujung sisi bawah
Melalui Pendekatan Tegangan		butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas	butuh komponen batas
Melalui Pendekatan Perpindahan		butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas
Kesimpulan		butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas	butuh komponen batas
	c	1535	206	558	1750
Panjang	c - 0,1 Lw	1285	-	308	1500
	c/2	767,5	-	279	875
Dipakai (mm)		1300	-	400	1500
Tulangan Longitudinal		D25-200	D25-200	D25-200	D25-200
Tulangan Confinement		2D16-100	2D16-100	2D16-100	2D16-100

Gambar 4. 38 Rekapitulasi perhitungan special boundary element shearwall pier 3

Pier 1		arah x		arah y	
		ujung sisi kiri	ujung sisi kanan	ujung sisi atas	ujung sisi bawah
Melalui Pendekatan Tegangan		butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas	butuh komponen batas
Melalui Pendekatan Perpindahan		butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas
Kesimpulan		butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas	butuh komponen batas
	c	1224	530	383	1750
Panjang	c - 0,1 Lw	884	-	43	43
	c/2	612	-	191,5	191,5
Dipakai (mm)		900	-	200	200
Tulangan Longitudinal		0	0	0	0
Tulangan Confinement		2D16-100	2D16-100	2D16-100	2D16-100

Gambar 4. 39 Rekapitulasi perhitungan special boundary element shearwall pier 1



Pier 5		arah x		arah y	
		ujung sisi kiri	ujung sisi kanan	ujung sisi atas	ujung sisi bawah
Melalui Pendekatan Tegangan		tidak butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas	butuh komponen batas
Melalui Pendekatan Perpindahan		tidak butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas	butuh komponen batas
Kesimpulan		tidak butuh komponen batas	tidak butuh komponen batas	butuh komponen batas	butuh komponen batas
c		1111	376	799	799
Panjang	c - 0,1 Lw	631	-	559	559
	c/2	555,5	-	399,5	399,5
Dipakai (mm)		700	-	600	600
Tulangan Longitudinal		0	0	0	0
Tulangan Confinement		2D16-80	0	2D16-80	2D16-80

Gambar 4. 40 Rekapitulasi perhitungan special boundary element shearwall pier 5

## 4.5 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

### 4.5.1 Umum

Sambungan merupakan hal yang penting karena sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur yang satu ke elemen struktur lainnya, mulai dari pelat, balok, kolom, dan pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Pada perencanaan tugas akhir ini, direncanakan dengan menggunakan sambungan mekanis untuk penyambungan antar tulangnya.

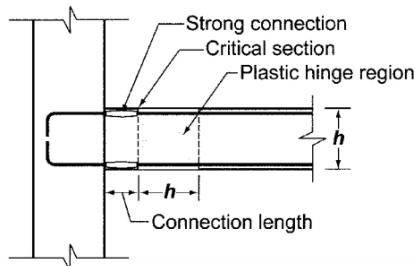
Pada daerah *joint*, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak

dan pelat *topping* agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

#### 4.5.2 Konsep Desain Sambungan

Konsep desain sambungan pada perencanaan gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta ini berdasarkan dengan detail sambungan yang disyaratkan pada ACI 318M-14 pasal 18.9 sebagai berikut:



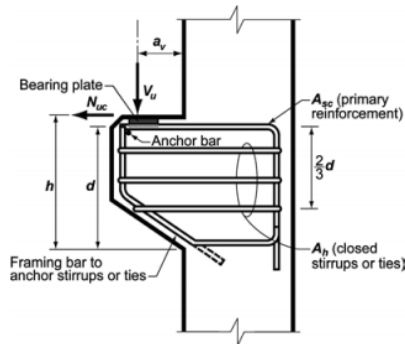
Gambar 4. 41 Detail Sambungan Balok – Kolom

Pada tugas akhir ini, direncanakan sambungan dengan menggunakan produk dari Peikko Group untuk sambungan antar balok dan sambungan balok – kolom. Sementara itu, untuk menahan beban balok dan gaya geser friksi akan digunakan konsol pendek baik pada kolom maupun pada balok induk.

#### 4.5.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dengan kolom maupun balok induk dengan balok anak, dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk

diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Demikian juga antara balok induk dan balok anak, konsol berada pada balok induknya. Perencanaan konsol tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam ACI 318M-14 pasal 16.5.



Gambar 4. 42 Detail Penulangan Konsol Pendek

#### 4.5.3.1 Data Perencanaan

Berikut merupakan data perencanaan konsol pendek untuk balok dimensi 50/75 pada gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta:

- $f'_c$  = 45 MPa
- $f_y$  = 400 MPa
- Tulangan Longitudinal = 16 mm
- Tulangan Transversal = 13 mm
- *Clear Cover* = 40 mm
- $b$  = 500 mm
- $h$  = 300 mm
- $d$  =  $h - \text{clear cover} - 0.5D$   
=  $300 - 40 - 0.5(16)$   
= 252 mm
- $a_v$  = 150 mm

### 4.5.3.2 Perhitungan Tulangan Konsol Pendek

Data-data yang diperlukan dalam perhitungan tulangan konsol pendek yaitu:

$$V_u = 252,27 \text{ kN}$$

$$N_u = 50,45 \text{ kN}$$

- Luas Pelat Landasan

$$V_u = \phi \times 0.85 \times f'_c \times A_1$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{V_u}{\phi 0.85 f'_c} \\ &= \frac{252,27 \times 10^3}{0.75 (0.85) 45} \\ &= 8793,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan pelat landasan ukuran 400x175 dengan tebal 15 mm

- Luas Tulangan Geser Friksi

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 16.5.2.4, untuk beton normal, kuat geser ( $V_n$ ) tidak boleh diambil melebihi nilai-nilai berikut:

Syarat 1:

$$\begin{aligned} V_{n \max 1} &\leq 0.2 f'_c b d \\ &\leq 0.2 (45) (500) (252) \\ &\leq 1134 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat 2:

$$\begin{aligned} V_{n \max 2} &\leq (3.3 + 0.08 f'_c) b d \\ &\leq (3.3 + 0.08 \times 45) (500) (252) \\ &\leq 869,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat 3:

$$\begin{aligned} V_{n \max 3} &\leq 11 b d \\ &\leq 11 (500) (252) \\ &\leq 1386 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek  $V_n$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{361.65}{0.75} \end{aligned}$$

$$= 336,36 \text{ kN} \leq V_{n \text{ max}} \text{ (OK)}$$

- Luas Tulangan Lentur

Perhitungan didasarkan pada peraturan ACI 318M-14 pasal 16.3.5.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a_v + N_u (h - d) \\ &= 252,27 (1000) (150) + 50,45 (1000) (300 - 252) \\ &= 40,26 \times 10^6 \text{ Nmm} \\ &= 40,26 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_f &= \frac{M_u}{\phi f_y j d} \\ &= \frac{40,26 \times 10^6}{0,75 (400) (0,85) (252)} \\ &= 626,55 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_u}{\phi f_y} \\ &= \frac{50,45 \times 1000}{0,75 (400)} \\ &= 168,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{336,36 \times 1000}{400 \times 1,4} \\ &= 600,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Pemilihan Tulangan

$$\begin{aligned} A_{sc1} &= A_f + A_n \\ &= 626,55 + 168,18 \\ &= 794,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc2} &= \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \\ &= \frac{2}{3} (600,64) + 168,18 \\ &= 568,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc3} &= 0,04 \frac{f'_c}{f_y} b d \\ &= 0,04 \frac{45}{400} (500) (252) \\ &= 567,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sc \text{ pakai}} = 794,73 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{sc \text{ pakai}}}{\frac{0,25\pi D16^2}{1794,73}} \\ &= \frac{794,73}{0,25\pi 16^2} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Berdasarkan untuk luasan tulangan horizontal tertutup RSNI 2847:2018 pasal 16.5.5.2

$$\begin{aligned} A_h &= 0,5 (A_{sc} - A_n) \\ &= 0,5 (794,73 - 168,18) \\ &= 313,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_h}{\frac{0,25\pi D13^2}{313,28}} \\ &= \frac{313,28}{0,25\pi 13^2} \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

∴ Tulangan dipasang sepanjang  $\frac{2}{3}d = 168,00 \approx 170 \text{ mm}$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} = \frac{252,27 \text{ kN}}{0,75} = 199,876 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan geser 2D13 ( $A_v = 265,465 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,465 \times 400 \times 252}{336,36} = 79,5 \text{ mm} \\ &\approx 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ Sehingga dipasang sengkang 2D13-150

#### 4.5.3.3 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek

Pada subbab sebelumnya telah dijabarkan perhitungan konsol pendek yang digunakan untuk sambungan balok induk ke kolom. Selain itu, konsol pendek juga digunakan untuk sambungan balok induk ke balok anak. Perhitungan juga dilakukan dengan cara yang sama seperti konsol pendek yang terletak pada kolom. Berikut merupakan rekapitulasi penulangan konsol pendek.

Tabel 4. 56 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek

Sambungan	$V_u$ (kN)	$N_u$ (kN)	Ukuran		$D_{\text{longitudinal}}$ (mm)	$D_{\text{transversal}}$ (mm)	$A_{sc}$ (mm <sup>2</sup> )	n (buah)	$A_h$ (mm <sup>2</sup> )	n (buah)
			b (mm)	h (mm)						
Kolom - Balok Induk 50/75	442,50	88,50	500	300	16	13	1394,01	7,00	549,50	5,00
Kolom - Balok Induk 40/65	361,65	72,33	400	300	16	13	1188,15	6,00	473,52	4,00
Balok Induk 50/75 - Balok Anak	108,59	21,72	300	200	13	13	524,83	4,00	227,94	2,00

#### 4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok – kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single-sided connection* dan *double-sided connection*.

Seperti yang sudah disebutkan pada subbab sebelumnya, dalam perencanaan sambungan tugas akhir ini akan digunakan produk sambungan dari Peikko group yaitu dengan menggunakan Modix Rebar Couplers. Diketahui bahwa Modix Rebar Coupler didesain untuk sambungan elemen pracetak yang tahan terhadap gaya tarik maupun gaya tekan yang terjadi pada penampang beton. Kekuatan leleh yang dimiliki oleh Modix Rebar Coupler adalah 550 MPa, sehingga sambungan coupler ini dapat digunakan karena kekuatan leleh pada baja tulangan hanya 400 MPa. Dalam perencanaan tulangan atas dan bawah digunakan Modix Rebar Coupler type PM. Untuk kait standar juga menggunakan produk Peikko Group. Berikut merupakan perhitungan sambungan balok induk – kolom:

##### 4.5.4.1 Data Perencanaan

- $f'_c$  = 40 MPa
- $f_y$  = 400 MPa
- $d_b$  = 25 mm

##### 4.5.4.2 Perhitungan *Single-Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara B11 dengan K1:

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik
  - Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:



- $ld_{h1} = \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'_c}} = 379,473 \text{ mm}$

- $ld_{h2} = 8d_b$   
 $= 8(25)$   
 $= 200 \text{ mm}$

- $ld_{h3} = 150 \text{ mm}$

∴ Maka dipakai  $ld_h = 430 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- **Pemilihan Profil Sambungan**

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan Modix Coupler SM25A-P12-730(430)-PM25-SM25B-P-2000.

- **Kontrol Kekuatan Sambungan**

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:

$$D_{\text{luar}} = 41 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam}} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{rd} \geq 1.25 A_s f_y$$

$$(41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 \geq 1.25 \times 490.81 \times 420$$

$$456,159.25 \text{ N} \geq 257,708.1 \text{ N (OK)}$$

- **Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan**

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.9.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$l_{dc1} = \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b$$

$$= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25$$

$$\begin{aligned}
 &= 379,4733 \text{ mm} \\
 l_{dc2} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\
 &= 0.043 (420) (25) \\
 &= 430 \text{ mm} \\
 l_{dc3} &= 8d_b \\
 &= 8 \times 25 = 200 \text{ mm} \\
 \therefore \text{ Maka dipakai } l_{dc} &= 460 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- **Pemilihan Profil Sambungan**  
Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25A-L-430-PM25-SM25B-P-2000.
- **Kontrol Kekuatan Sambungan**  
Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_{\text{luar}} &= 41 \text{ mm} \\
 D_{\text{dalam}} &= 25 \text{ mm} \\
 f_y &= 550 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 N_{rd} &\geq 1.25 A_s f_y \\
 (41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 &\geq 1.25 \times 490.81 \times 420 \\
 456,159.25 \text{ N} &\geq 257,708.1 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.4.3 Perhitungan *Double-Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BI4 dengan BI1 pada K1:

- **Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik**  
Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.3.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{dh1} &= \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\
 &= 425.96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh2} &= 8d_b \\
 &= 8(25) \\
 &= 200 \text{ mm} \\
 l_{dh3} &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ Maka dipakai  $l_{dh} = 430 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan SM25B-P-2000-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-2000.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_{luar} &= 41 \text{ mm} \\
 D_{dalam} &= 25 \text{ mm} \\
 f_y &= 550 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 N_{rd} &\geq 1.25 A_s f_y \\
 (41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 &\geq 1.25 \times 490.81 \times 420 \\
 456,159.25 \text{ N} &\geq 257,708.1 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{dc} &\geq \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'c}} \\
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\
 &= 379,47331 \text{ mm} \\
 l_{dc2} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\
 &= 0.043 (400) (25)
 \end{aligned}$$

$$= 430 \text{ mm}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai  $l_{dc} = 430 \text{ mm}$

- **Pemilihan Profil Sambungan**  
Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25B-P-2000-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-2000.
- **Kontrol Kekuatan Sambungan**  
Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:  
 $D_{\text{luar}} = 41 \text{ mm}$   
 $D_{\text{dalam}} = 25 \text{ mm}$   
 $f_y = 550 \text{ MPa}$   
**Kontrol:**  
 $N_{rd} \geq 1.25 A_s f_y$   
 $(41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 \geq 1.25 \times 490.81 \times 420$   
 $456,159.25 \text{ N} \geq 257,708.1 \text{ N (OK)}$

#### 4.5.4.4 Rekapitulasi Sambungan

Berikut merupakan rekapitulasi sambungan balok – kolom:

Tabel 4. 57 Rekapitulasi *Single-Sided Connection*

<b>B1- K1, K2, K3, K4, K5, K6</b>	
Tarik	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
<b>B6 - K1, K2 , K3, K4, K5 , K6</b>	
Tarik	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750

Tabel 4. 58 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (1)

<b>B1 - K1,K2,K3,K4,K5,K6 - B1</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-1000-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
<b>B6 - K1,K2,K3,K4,K5,K6 - B6</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-1000-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
<b>B7 - K1,K2,K3,K4,K5,K6 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-1000-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
<b>B4 - K1,K2,K3,K4,K5,K6 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-1000-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750

Tabel 4. 59 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (2)

<b>B1 - K2 - B1</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-950-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-950-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-950-PM25-SM25B-P-1750
<b>B6 - K2 - B6</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-950-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-950-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-950-PM25-SM25B-P-1750
<b>B7 - K2 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-950-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-950-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650

<b>B4 - K2 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-950-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-950-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-950-PM25-SM25B-P-1750

Tabel 4. 60 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (3)

<b>B1 - K3 - B1</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-850-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-850-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-850-PM25-SM25B-P-1750
<b>B6 - K3 - B6</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-850-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-850-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-850-PM25-SM25B-P-1750
<b>B7 - K3- B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-850-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-850-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
<b>B4 - K3 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-850-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-850-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-850-PM25-SM25B-P-1750

Tabel 4. 61 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (4)

<b>B1 - K4 - B1</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-750-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-750-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-750-PM25-SM25B-P-1750
<b>B6 - K4 - B6</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-750-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-750-PM25-SM25B-P-1750

Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-750-PM25-SM25B-P-1750
<b>B7 - K4 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-750-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-750-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
<b>B4 - K4 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-750-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-750-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-750-PM25-SM25B-P-1750

Tabel 4. 62 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (5)

<b>B1 - K5 - B1</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-650-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-650-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-650-PM25-SM25B-P-1750
<b>B6 - K5 - B6</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-650-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-650-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-650-PM25-SM25B-P-1750
<b>B7 - K5 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-650-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-650-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
<b>B4 - K5 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-650-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-650-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-650-PM25-SM25B-P-1750

Tabel 4. 63 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (6)

<b>B1 - K6 - B1</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-600-SM25B-P-1750

	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-600-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-600-PM25-SM25B-P-1750
<b>B6 - K6 - B6</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-600-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-600-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-600-PM25-SM25B-P-1750
<b>B7 - K6 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-600-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-600-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
<b>B4 – K6 - B4</b>	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-600-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-600-PM25-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-600-PM25-SM25B-P-1750

#### 4.5.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Sama halnya dengan sambungan balok – kolom, sambungan balok anak – balok induk pada tugas akhir ini dapat dilihat sebagai berikut:

##### 4.5.5.1 Data Perencanaan

- $f'_c = 45 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- $d_b = 25 \text{ mm}$

##### 4.5.5.2 Perhitungan *Single-Sided Connection*

Pada modifikasi perencanaan Gedung apartemen 1 *Park Avenue* ini tidak ada *Single-sided Connection* pada sambungan balok anak-balok induk. Semua sambungan antara balok anak – balok induk menggunakan *double-sided connection*.



#### 4.5.5.3 Perhitungan *Double-Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BA1 dengan BA1 pada BI6:

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik  
Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'c}} \\ &= \frac{0.24(400)}{\sqrt{45}} 25 \\ &= 357,7708 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh2} &= 8d_b \\ &= 8(25) \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai  $l_{dh} = 250 \text{ mm}$  karena balok anak hanya sebagai balok sekunder dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan  
Sambungan tulangan pada bagian tarik dilakukan secara manual tanpa menggunakan produk Peikko.
- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan  
Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} l_{dc1} &\geq \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'c}} \\ &= \frac{0.24(400)}{\sqrt{45}} 25 \\ &= 357,7708 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc2} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\ &= 0.043 (400) (25) \\ &= 430 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai  $l_{dc} = 250$  mm karena balok anak merupakan balok sekunder.

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25B-P-2000-PM25-SM25A-D-500-PM25-SM25B-P-2000.

#### 4.5.5.4 Rekapitulasi Sambungan

Berikut merupakan rekapitulasi sambungan balok anak – balok induk dapat dilihat pada table 4.38 :

Tabel 4. 64 Rekapitulasi *Double-Sided Connection*

Tipe Balok Anak	Tipe Balok Induk	ldh (mm)	ldc (mm)	Profil Sambungan
				Tekan
BA1 - BA1	BI3	250	250	SM25B-P-1450-PM25-SM25A-D-500-PM25-SM25B-P-1450

#### 4.5.6 Perencanaan Balok Induk-Shearwall

Pada perencanaan sambungan ini akan digunakan sambungan cast in situ dimana merupakan sambungan basah (*wet connection*) dimana pengaplikasiannya di lapangan adalah dengan mengecor panjang penyaluran tulangan dari balok yang terhubung ke shearwall, hal ini dimungkinkan karena shearwall merupakan elemen yang cast in situ, selain itu sambungan cast in situ lebih dapat menjamin bahwa sambungan antara shearwall dan balok merupakan perletakan jepit sehingga dapat menahan momen maupun gaya gaya gempa.

➤ *Double Sided Connection*

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan RSNi 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldh = \frac{0.24 \times f_y \times db}{\sqrt{f'_c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 357,7708 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $ldh = 400 \text{ mm}$ , dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam shearwall dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

#### Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldc \geq \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldc = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 357,7708 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $ldc = 200 \text{ mm}$

#### **4.5.7 Perencanaan Sambungan Balok-Plat**

Berdasarkan ACI code, panjang penyaluran atau transfer untuk kawat strands dapat diasumsikan sama dengan 50 kali diameter strands. Untuk strands dengan diameter 7 mm, panjang penyaluran atau transfer adalah sebagai berikut:

$$\text{Transfer Length (Lt)} = 50 \phi = 50 \times 7 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

Panjang transmisi dari tendon yang dirilis oleh pemotongan secara terus menerus dapat diperkirakan sekitar 20-30% lebih besar dari tendon yang dirilis bertahap (Libby, Jr):

$$\text{Transfer Length (Lt)} = 1.2 \times 350 \text{ mm} = 420 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan kait 2D10 Grade 300 Mpa

## 4.6 Perencanaan Struktur Bawah

### 4.6.1 Perencanaan Pelat Basement

#### 4.6.1.1 Pembebanan Pelat Basement

Beban yang bekerja pada pelat basement juga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (qD) dan beban hidup (qL). Pada pelat dasar *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi *basement* serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan serta pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu uplift akibat air.

#### Akibat beban parkir

- Beban Mati
 

Pelat basement	$= 0.25 \times 2400$	$= 600 \text{ kg/m}^2$
Spesi (t = 2 cm)	$= \frac{21 \times 1}{1}$	$= 21 \text{ kg/m}^2$
	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
	$q_{DT}$	$= 621 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup
 

$q_{LT} = 800 \text{ kg/m}^2$  (Lantai Basement)
- Kombinasi
 

Lantai basement	$= 1,2 q_{DT} + 1,6 q_{LT}$
	$= 2025 \text{ kg/m}^2$

#### Akibat beban uplift

- Beban Mati
 

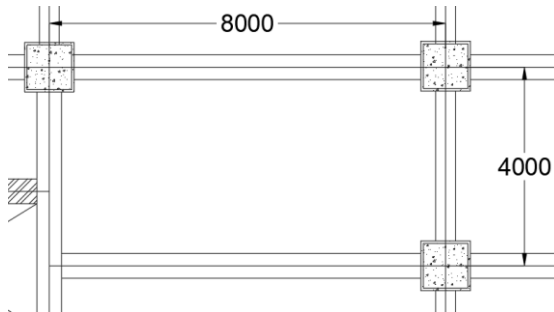
Pelat basement	$= 0.25 \times 2400$	$= 600 \text{ kg/m}^2$
Spesi (t = 2 cm)	$= \frac{21 \times 1}{1}$	$= 21 \text{ kg/m}^2$
	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
	$q_{DT}$	$= 621 \text{ kg/m}^2$
- Beban uplift air
 

Elevasi Muka Air Tanah	$= 0 \text{ m}$
Elevasi Basement	$= -4 \text{ m}$
Beban uplift	$= 4 \times 1000$
	$= 4000 \text{ kg/m}^2$
- Kombinasi
 

	$= \text{Beban uplift} - \text{beban mati}$
	$= 3379 \text{ kg/m}^2$

#### 4.6.1.2 Tulangan Bawah Pelat Basement

Data Perencanaan Pelat Basement Tipe A



Gambar 4. 43 Tampak Atas Pelat Basement Tipe A

Dimensi pelat	: 8000 mm x 4000 mm
Tebal pelat	: 250 mm
Selimut beton	: 40 mm
Diameter tul. Arah X	: D 16
Diameter tul. Arah Y	: D 16
dx	: $t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D_{\text{tul.bawah}}/2)$ : 250 - 40 - (13/2) : 203,5 mm
dy	: $t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D_{\text{tul.bawah}} - (D_{\text{tul.atas}}/2)$ : 250 - 40 - 16 - (13/2) : 190,5 mm
$\rho_{\text{min}}$	: $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400}$ : 0,0035
$\rho_{\text{min}}$	: $\frac{0,25 \times \sqrt{f_{c'}}}{f_y}$ : $\frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400}$ : 0,00395 (dipakai)
$\beta_1$	: $0,85 - 0,05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7}$ : $0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$ : 0,764
$\rho_b$	: $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$ : $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$ : 0,039

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} & : 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,0292 \\
 \rho_{\max} & : 0,025 \text{ (menentukan)} \\
 m & : \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764 \\
 L_x & : 800 - \left(\frac{50+50}{2}\right) = 750 \text{ cm} \\
 L_y & : 400 - \left(\frac{50+50}{2}\right) = 350 \text{ cm} \\
 \beta & : \frac{L_y}{L_x} = \frac{795}{395} = 2,14 \text{ (1 arah)}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut: ( $L_y/L_x = 2,012$ )

$$\begin{aligned}
 M_{lx} & = 0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X \\
 M_{tx} & = -0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X \\
 M_{ly} & = 0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X \\
 M_{ty} & = -0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X
 \end{aligned}$$

Dimana:  $M_{lx}$  = Momen lapangan arah x  
 $M_{ly}$  = Momen lapangan arah y  
 $M_{tx}$  = Momen tumpuan arah x  
 $M_{ty}$  = Momen tumpuan arah y  
 $X$  = Nilai konstanta dari perbandingan  $L_y/L_x$

a. Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X

$$\begin{aligned}
 \beta & = 2,14 \text{ (terjepit penuh)} \\
 M_{lx} (+) & = X_1 = 41 \\
 M_{tx} (-) & = X_2 = 83 \text{ (PBI 1971 Tabel 13.3.1)} \\
 M_{lx} & = (-) M_{tx} \\
 & = 0.001 \times qu \times L_x^2 \times X \\
 & = 0.001 \times 2025 \times 3,5^2 \times 83 \\
 & = 2.059,1221 \text{ kg.m} \\
 & = 20.591.221 \text{ Nmm} \\
 R_n & = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{20.591.221}{0,9 \times 1000 \times 203,5^2} = 0,5524 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho & = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \\
 & = \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,5524}{400}}\right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,001392589 (\rho < \rho_{\min})$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,003953$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,003953 \times 1000 \times 203,5 = 804,4043 \text{ mm}^2$$

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

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\ &= \frac{804,4043}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2} = 6,06 \approx 7 \text{ (per meter)} \end{aligned}$$

Jarak tulangan (s) =  $1000/n = 1000/7 = 132,7322 \text{ mm} \approx 133 \text{ mm}$

As pasang =  $n \times As = 7 \times 132,73 = 929,1260 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu}$

Jadi digunakan tulangan lentur **D13-120**

b. Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y

$\beta = 1$  (terjepit penuh)

Muty (+) =  $X1 = 11$

Muty (-) =  $X2 = 57$  (PBI 1971 Tabel 13.3.1)

$Mlx = (-) Mtx$

$$= 0,001 \times qu \times Lx^2 \times Y$$

$$= 0,001 \times 2025 \times 3,5^2 \times 57$$

$$= 1414,0959 \text{ kg.m}$$

$$= 14.140.959 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{14.140.959}{0,9 \times 1000 \times 190,5^2} = 0,432958 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{11,764} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,4329}{400}} \right)$$

$$= 0,001089 (\rho < \rho_{\min})$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,003953$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,00395 \times 1000 \times 190,5$$

$$= 753,01736 \text{ mm}^2$$

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

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\ &= \frac{753,01736}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2} = 5,46 \approx 6 \text{ (per meter)} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = 1000/n = 1000/6 = 166,7 \text{ mm}$$

$$\text{As pasang} = n \times As = 6 \times 132,73 = 769,4 \text{ mm}^2 > \text{As perlu}$$

Jadi digunakan tulangan lentur **D13-120**

#### 4.6.1.3 Tulangan Atas Pelat Basement

Data Perencanaan Pelat Basement Tipe 1

Dimensi pelat : 800 mm x 4000 mm

Tebal pelat : 250 mm

Selimit beton : 50 mm

Diameter tul. Arah X : D 16

Diameter tul. Arah Y : D 16

dx :  $t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D_{\text{tul.bawah}}/2)$

$$: 250 - 40 - (16/2)$$

$$: 202 \text{ mm}$$

dy :  $t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D_{\text{tul.bawah}} - (D_{\text{tul.atas}}/2)$

$$: 250 - 40 - 16 - (16/2)$$

$$: 186 \text{ mm}$$

$\rho_{\min}$  :  $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400}$

$$: 0,0035$$

$\rho_{\min}$  :  $\frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y}$

$$: \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400}$$

$$: 0,00395 \text{ (dipakai)}$$

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

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

$$: 0,764$$

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

$$: \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$: 0,039$$



$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} & : 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,0292 \\
 \rho_{\max} & : 0,025 \text{ (dipakai)} \\
 m & : \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764 \\
 L_x & : 800 - \left(\frac{50+50}{2}\right) = 750 \text{ cm} \\
 L_y & : 400 - \left(\frac{50+50}{2}\right) = 350 \text{ cm} \\
 \beta & : \frac{L_y}{L_x} = \frac{795}{395} = 2,14 < 2 \text{ (2 arah)}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut: ( $L_y/L_x = 2,012$ )

$$\begin{aligned}
 M_{lx} & = 0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X \\
 M_{tx} & = -0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X \\
 M_{ly} & = 0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X \\
 M_{ty} & = -0.001 \cdot qu \cdot L_x^2 \cdot X
 \end{aligned}$$

Dimana:  $M_{lx}$  = Momen lapangan arah x

$M_{ly}$  = Momen lapangan arah y

$M_{tx}$  = Momen tumpuan arah x

$M_{ty}$  = Momen tumpuan arah y

$X$  = Nilai konstanta dari perbandingan  $L_y/L_x$

a. Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X

$\beta = 1.4$  (terjepit penuh)

$M_{ulx} (+) = X_1 = 41$

$M_{ultx} (-) = X_2 = 83$  (PBI 1971 Tabel 13.3.1)

$M_{lx} = (-) M_{tx}$

$$= 0.001 \times qu \times L_x^2 \times X$$

$$= 0.001 \times 3379 \times 3,5^2 \times 83$$

$$= 3435,598 \text{ kg.m}$$

$$= 34.355.982,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{34.355.982,5}{0,9 \times 1000 \times 202^2} = 0,9355 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{11,764} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,9355}{400}} \right)$$

$$= 0,0023719 (\rho_{\min} > \rho)$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,003953$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,003953 \times 1000 \times 192 = 798,4751 \text{ mm}^2$$

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

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\ &= \frac{798,4751}{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2} = 3,97 = 4 \text{ (per meter)} \end{aligned}$$

Jarak tulangan (s) =  $1000/n = 1000/4 = 250 \text{ mm}$

As pasang =  $n \times As = 4 \times 201,06 = 804,247 \text{ mm}^2 > \text{As perlu}$

Jadi digunakan tulangan lentur **D16-200**

b. Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y

$\beta = 2,08$  (terjepit penuh)

Muly (+) =  $X1 = 12$

Muty (-) =  $X2 = 57$  (PBI 1971 Tabel 13.3.1)

$Mlx = (-) Mtx$

$$\begin{aligned} &= 0,001 \times qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 3379 \times 3,5^2 \times 57 \\ &= 2.359,38675 \text{ kg.m} \\ &= 23.593.867,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{23.593.867,5}{0,9 \times 1000 \times 186^2} = 0,7577 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,7577}{400}} \right) \\ &= 0,00191599 < (\rho < \rho_{\min}) \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,003953$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,003953 \times 1000 \times 186 = 735,229 \text{ mm}^2$$

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

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2}$$

$$= \frac{735,229}{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2} = 3,65 = 4 \text{ (per meter)}$$

Jarak tulangan (s) =  $1000/n = 1000/4 = 250 \text{ mm}$

➤ As pasang =  $n \times As = 4 \times 201,06 = 804,24 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu}$

Jadi digunakan tulangan lentur **D16-200**

## 4.6.2 Gaya Uplift untuk Pelat Basement

### 4.6.2.1 Data Perencanaan

- Elevasi *Basement* = - 4 m
- Elevasi M.A.T = 0.00 m
- $\gamma_{\text{air}}$  = 1 ton/m<sup>3</sup>

### 4.6.2.2 Perhitungan Gaya Uplift

$$\begin{aligned} q_{\text{air}} &= \gamma_{\text{air}} \times h \\ &= (4 - 0) \times 1000 \\ &= 4000 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa  $q_{\text{air}}$  yang bekerja adalah sebesar 4000 kg/m<sup>2</sup>. Nilai  $q_{\text{air}}$  tersebut akan menjadi beban *uplift* pada pelat *basement* itu sendiri. Dengan menambahkan beban *uplift* tersebut, didapatkan jumlah penulangan pelat *basement* seperti pada subbab 4.6.2.3.

### 4.6.2.3 Rekapitulasi Tulangan Pelat Basement

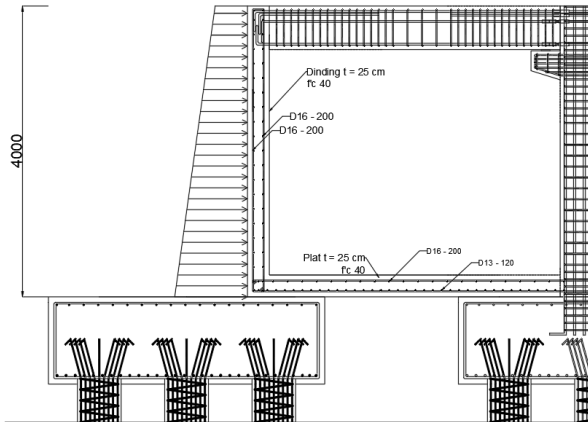
Dari beban diatas, penulangan *basement* yang digunakan untuk semua pelat yaitu:

Tabel 4. 65 Rekapitulasi Tulangan Pelat Basement

Tulangan	Arah X	Arah Y
Tulangan Atas	D16 – 200 mm	D16 – 200 mm
Tulangan Bawah	D13 – 120 mm	D13 – 120 mm

## 4.6.3 Perencanaan dimensi dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah harus direncanakan dengan tepat, sehingga perlu diketahui gaya horisontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Pada perencanaan ini, direncanakan dengan kondisi muka air tertinggi dengan adanya *surcharge load* beban kendaraan sebesar  $q = 0,8 \text{ t/m}$ .



Gambar 4. 44 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah

- Data Perencanaan

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,67 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma' = 1,67 - 1 = 0,67 \text{ t/m}^3$$

$$\theta = 0$$

$$c' = 0,3 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan Aktif Tanah

$$\sigma v'(0) = q + \gamma' \times h = 0,8 + 0,67 \times 0 = 0,8 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} \sigma v'(-3,7) &= \sigma v_1 + \gamma' \times h \\ &= 0,8 + 0,67 \times 3,7 \\ &= 3,279 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$Ka = \tan^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left( 45 - \frac{0}{2} \right) = 1$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' \times Ka) - (2 \times c' \times \sqrt{Ka})$$

$$\sigma h'(0) = 0,8 - (2 \times 0,3 \times \sqrt{1}) = 0,2 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma h \text{ total } (0) = \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0,2 + 1 \times 0 = 0,2 \text{ t/m}^3$$

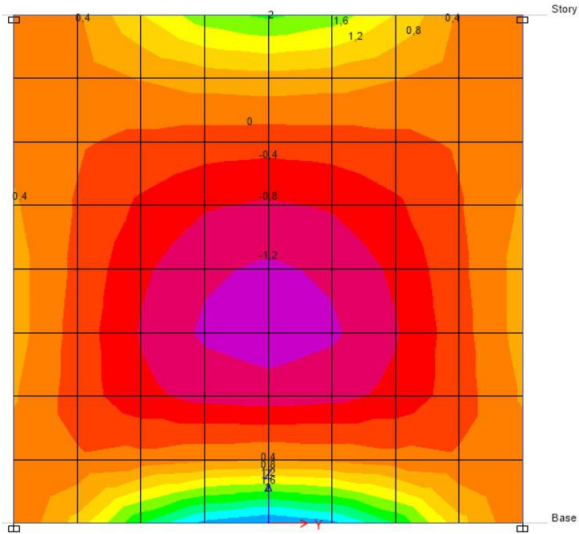
$$\sigma h'(-3,7) = (\sigma v' \times Ka) - (2 \times c' \times \sqrt{Ka})$$

$$\sigma h'(-3,7) = (3,279 \times 1) - (2 \times 0,3 \times \sqrt{1}) = 2,679 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} \sigma h \text{ total } (-3,7) &= \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h \\ &= 2,679 + 1 \times 3,7 \end{aligned}$$

$$= 6,379 \text{ t/m}^2$$

Dinding penahan tanah direncanakan dengan dimensi seperti pada Gambar di atas. Untuk momen yang didapat menggunakan bantuan dari aplikasi ETABS yaitu sebesar 3,65 tm, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4. 45 Momen Akibat Tekanan Tanah Horizontal

Berikut perhitungan kebutuhan tulangan berdasarkan momen yang terjadi pada dinding penahan tanah.

- Penulangan lentur positifif

$$Mu = 3,65 \text{ t.m} = 3.650.000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - c_c - \frac{1}{2} \times D \\ &= 300 - 50 - \frac{1}{2} \times 16 \\ &= 252 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{0,9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{3.650.000}{0,9 \times 1000 \times 242^2} \\ &= 0,08 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{420} = 0,0033 \\
 \rho &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,95 \times f_c'}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 35}{420} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,08}{0,95 \times 35}} \right) \\
 &= 0,00022
 \end{aligned}$$

Maka, diambil  $\rho = 0,0035$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,0035 \times 1.000 \times 242 = 847 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{S_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{847} \\
 &= 237,38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-200 mm.

- Penulangan lentur negatif

$$M_u = 3,65 \text{ t.m} = 3.650.000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - c_c - \frac{1}{2} \times D \\
 &= 300 - 50 - \frac{1}{2} \times 16 \\
 &= 252 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} \\
 &= \frac{3.650.000}{0,9 \times 1000 \times 242^2} \\
 &= 0,08
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{0,85 \times f'c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,95 \times f'c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{420} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,08}{0,95 \times 35}} \right) \\ &= 0,00022\end{aligned}$$

Maka, diambil  $\rho = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho b d = 0,0035 \times 1.000 \times 242 = 847 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{S_{perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{847} \\ &= 237,38 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-200 mm.

#### 4.6.4 Perencanaan Pondasi

##### 4.6.4.1 Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *prestressed concrete spun pile* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (pile cap).

##### 4.6.4.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. Beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- 1D
- D + L

- $D + 0,75L$
- $D + 0,7E$
- $D + 0,75L + 0,75 (0,7E)$
- $0,6D + 0,7E$

Dari kombinasi beban di atas dilakukan control dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan  $P_{ijin}$  1 tiang. Berikut ini adalah output dari joint reaction pada pondasi, dapat dilihat pada **Tabel 4.65-Table 4.51**.

Tabel 4. 66 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 1 (Kolom)

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(P) 1D	0,40182	3,04686	1114,665	3,81948	0,502
(P) D+L	0,39224	3,89787	1304,848	4,88765	0,49
(P) D+0,75L	0,39463	3,68511	1257,302	4,62061	0,493
(P) D+0,7Ex Max	7,73045	5,27339	1148,286	6,80346	37,699
(P) D+0,7Ex Min	6,92681	0,82033	1081,043	14,4424	36,695
(P) D+0,7Ey Max	2,41806	9,84099	1215,789	28,6298	10,731
(P) D+0,7Ey Min	1,61443	3,74727	1013,54	36,2688	9,7271
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	1,90682	8,78071	1333,146	19,7164	8,1648
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	1,11755	1,41048	1181,459	28,9576	7,1788
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	5,89111	5,35501	1282,519	3,3466	28,391
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	5,10184	2,01521	1232,086	12,5878	27,405
(P) 0,6D+0,7Ey Max	2,25734	8,62225	769,9234	30,1576	10,53
(P) 0,6D+0,7Ey Min	1,77515	4,96602	567,6743	34,741	9,9279
(P) 0,6D+0,7Ex Max	7,56972	4,05465	702,4204	8,33125	37,498
(P) 0,6D+0,7Ex Min	7,08754	0,39842	635,1772	12,9146	36,896



Tabel 4. 67 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 2

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(P) 1D	63,1657	100,8001	1740,749	21,5951	8,2927
(P) D+L	70,4494	112,8512	1957,803	25,1307	9,5952
(P) D+0,75L	68,6285	109,8384	1903,539	24,2468	9,2695
(P) D+0,7Ex Max	68,3023	102,2304	2078,967	19,5753	53,416
(P) D+0,7Ex Min	75,1145	99,36984	1402,531	33,4558	43,21
(P) D+0,7Ey Max	62,6278	116,5782	2353,941	37,207	21,293
(P) D+0,7Ey Min	68,3515	87,13534	1127,557	56,7796	16,457
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	68,1621	121,672	2363,434	31,2714	18,942
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	72,5178	98,00483	1443,645	50,6351	15,393
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	72,418	110,9111	2157,203	18,0476	43,034
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	77,3612	108,7657	1649,876	33,1423	34,382
(P) 0,6D+0,7Ey Max	49,8492	76,25816	1657,642	35,5034	18,538
(P) 0,6D+0,7Ey Min	43,5229	66,98411	495,8197	48,9947	13,347
(P) 0,6D+0,7Ex Max	43,0361	61,91031	1382,668	14,9725	50,808
(P) 0,6D+0,7Ex Min	50,2108	59,0498	706,2311	24,8178	43,977

Tabel 4. 68 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 3

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(P) 1D	115,072	145,42	1080,66	12,5717	20,847
(P) D+L	128,17	162,55	1203,898	14,1394	23,151
(P) D+0,75L	124,895	158,268	1173,089	13,7475	22,575
(P) D+0,7Ex Max	115,072	141,812	1633,401	8,13755	21,144
(P) D+0,7Ex Min	115,072	149,028	527,9185	17,0059	21,144
(P) D+0,7Ey Max	115,072	139,507	1385,956	7,5606	20,847
(P) D+0,7Ey Min	115,072	151,333	775,3634	17,5829	20,847
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	124,895	153,833	1402,061	9,9891	22,575
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	124,895	162,702	944,1165	17,5058	22,575
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	124,895	155,562	1587,645	10,4218	22,663
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	124,895	160,974	758,5328	17,0731	22,663
(P) 0,6D+0,7Ey Max	69,0431	81,3392	953,6924	4,889	12,508
(P) 0,6D+0,7Ey Min	69,0432	93,165	343,0994	13,0774	12,508
(P) 0,6D+0,7Ex Max	71,1864	90,0619	1201,137	4,28502	12,969
(P) 0,6D+0,7Ex Min	71,1864	90,8598	95,65453	12,4734	12,969

Tabel 4. 69 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 4

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(P) 1D	6,4E-06	4,03319	4916,742	5,02275	2E-05
(P) D+L	6,8E-06	4,99225	5815,027	6,21884	2E-05
(P) D+0,75L	6,7E-06	4,75249	5590,456	5,91982	2E-05
(P) D+0,7Ex Max	35,7173	10,8598	4972,616	53,2678	184,66
(P) D+0,7Ex Min	35,7173	11,3009	4860,868	52,9041	184,66
(P) D+0,7Ey Max	9,82192	33,6346	5087,46	162,382	50,78
(P) D+0,7Ey Min	9,82191	34,0757	4746,024	162,018	50,78
(P) D+0,75L+0,525 Ey Ma	7,36643	25,1323	5718,494	121,856	38,085
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	7,36643	25,6504	5462,418	121,444	38,085
(P) D+0,75L+0,525 Ex Ma	26,788	9,60042	5632,361	40,0205	138,5
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	26,788	9,39762	5548,551	39,6085	138,5
(P) 0,6D+0,7Ey Max	9,82192	33,7228	3120,763	162,309	50,78
(P) 0,6D+0,7Ey Min	9,82191	33,9875	2779,328	162,091	50,78
(P) 0,6D+0,7Ex Max	35,7173	10,948	3005,919	53,1951	184,66
(P) 0,6D+0,7Ex Min	35,7173	11,2127	2894,172	52,9769	184,66

Tabel 4. 70 Rekapitulasi Beban Pada Tipe 5

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(P) 1D	165,796	72,25209	1058,602	13,6117	21,843
(P) D+L	182,9122	79,65094	1165,557	15,027	24,109
(P) D+0,75L	178,6332	77,80124	1138,818	14,6732	23,542
(P) D+0,7Ex Max	155,0702	72,70167	1700,108	15,7125	21,256
(P) D+0,7Ex Min	176,5217	72,54686	417,095	15,7686	22,43
(P) D+0,7Ey Max	149,066	73,16915	1448,896	18,3697	20,128
(P) D+0,7Ey Min	182,5259	73,43706	668,3069	18,3293	23,558
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	166,0857	78,41948	1431,539	18,0122	22,256
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	191,1806	78,61991	846,0969	17,9838	24,829
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	170,5889	78,06888	1619,948	16,0193	23,102
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	186,6775	77,95226	657,688	16,0633	23,983
(P) 0,6D+0,7Ey Max	82,74762	44,34159	1025,455	14,3407	11,39
(P) 0,6D+0,7Ey Min	116,2075	44,6099	244,8663	14,347	14,821
(P) 0,6D+0,7Ex Max	111,6384	44,78281	1276,667	10,5441	19,518
(P) 0,6D+0,7Ex Min	110,2033	44,75966	48,94082	10,599	15,485

#### 4.6.4.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang  $F_c' = 52$  Mpa

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : C
- *Concrete cross section* : 1570 cm<sup>2</sup>
- Berat : 393 kg/m
- Panjang : 6 – 20 m
- *Bending moment crack* : 29 t.m
- *Bending momen ultimate* : 58 t.m
- *Allowable axial load* : 229,5 ton

#### 4.6.4.4 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun.

#### 4.6.4.5 Daya Dukung

##### 4.6.4.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah  
Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$  :
  - a.  $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$  (Terzaghi & Peck, 1960)

b.  $N_1 = 0.6 N$  (Bazaraa, 1967)

Kemudian pilih harga  $N_1$  yang terkecil

## 2. Koreksi terhadap Overburden

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$N_2 = 4N_1 / (1 + 0.4 P_o)$  untuk  $P_o < 7.5$  ton

$N_2 = 4N_1 / (3.25 + 0.1 P_o)$  untuk  $P_o > 7.5$  ton

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 30 m.

- $Q_u = Q_p + Q_s$
- $Q_p = q_p \cdot A_p$

Dimana :

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi (terlampir)

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung

= 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir

= 40 t/m<sup>2</sup>, untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

=  $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,45^2 = 0,158 \text{ m}^2$

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

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

Dimana :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

$N_s$  = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan

$$\text{batasan : } 3 \leq N \leq 50$$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana :  $SF$  = safety factor

Perhitungan daya dukung tiang pancang terdapat pada lampiran.

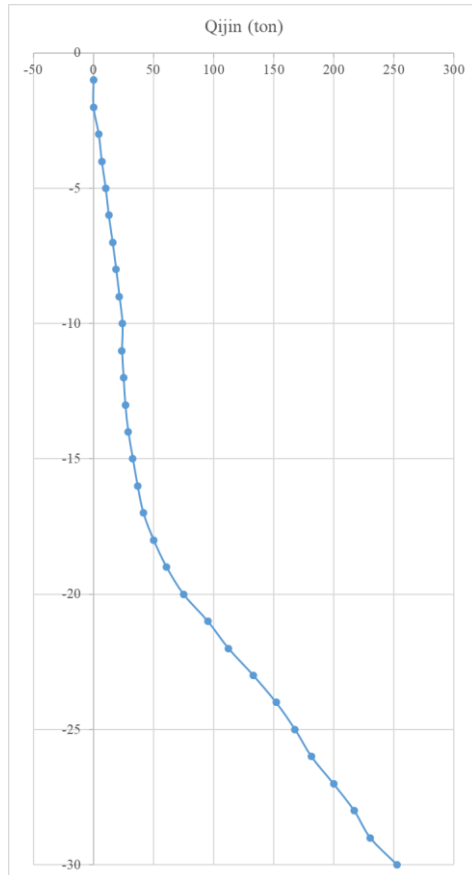
Sehingga diambil kedalaman tiang pancang sebagai berikut :

Beban ijin aksial 1 tiang = 229,5 ton

Beban ijin aksial 1 tiang dibagi  $SF=2$  = 114,75 ton

Pada kedalaman 32 m daya dukung tanah = 113,184 ton

Maka panjang tiang yang digunakan (dikurangi tinggi basement) = 28 m.



Gambar 4. 46 Grafik Daya Dukung Ijin Pancang Terhadap Kedalaman

#### 4.6.4.5.2 Pengaturan Jarak Antar Tiang Pancang

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1 meter.

- Jarak antar tiang :  
 $2 D \leq S \leq 2,5 D$   
 $2 \times 60 \leq S \leq 2,5 \times 60$   
 $1200 \text{ mm} \leq S \leq 1500 \text{ mm}$   
 Digunakan jarak antar tiang = 1200 mm
- Jarak tepi tiang pancang :  
 $1 D \leq S1 \leq 1,5 D$   
 $1 \times 60 \leq S1 \leq 1,5 \times 60$   
 $60 \text{ cm} \leq S1 \leq 90 \text{ cm}$   
 Digunakan jarak tiang ke tepi = 700 mm
- Jumlah tiang pancang dalam satu poer  
 m (arah X) = 4 buah  
 n (arah Y) = 4 buah  
 Jumlah tiang pancang grup = m x n  
 = 4 x 3 = 12 buah

#### 4.6.4.5.3 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

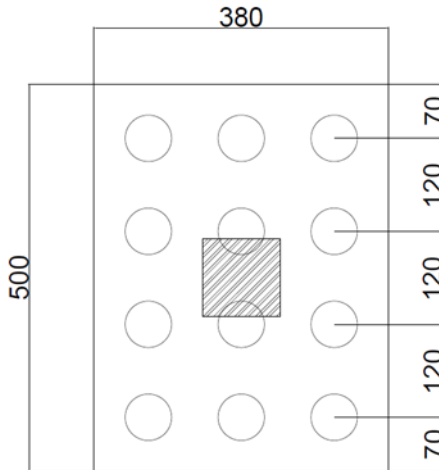
Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} (1 \text{ tiang})$$

(sumber : *Power point* mekanika tanah oleh Indra Surya B. Mochtar)

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam group dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan group tiang pancang dengan kombinasi beban 1D + 0,7 Ex.





Gambar 4. 47 Grup Tiang Pancang

$$P = 1148,29 \text{ ton}$$

$$N = 12 \text{ tiang}$$

$$M_x = M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) = 6,803 + (5,273 \times 1,2) = 13,13 \text{ t.m}$$

$$M_y = M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) = 37,699 + (7,73 \times 1,2) = 46,98 \text{ t.m}$$

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

$$Y_{\text{max}} = 1,8 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = 4 \times 2 \times 1,2^2 = 11,52 \text{ m}$$

$$\Sigma y^2 = (3 \times 2 \times 0,5 \times 1,2^2) + (3 \times 2 \times 1,5 \times 1,2^2) = 21,6 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{1148,29}{12} + \frac{46,98 \times 1,2}{11,52} + \frac{13,13 \times 1,8}{21,6} = 101,68 \text{ t} \leq 113,18 \text{ t}$$

Berikut merupakan table rekapitulasi perhitungan  $P_{\text{max}}$ , dapat dilihat pada **Tabel 4.71-Table 4.75**.

Tabel 4. 71 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1

Kombinasi Beban	n (buah)	P (ton)	P/n (ton)	Mx (t.m)	y <sub>max</sub> (m)	Mx. y <sub>max</sub>	$\Sigma y^2$	My (t.m)	x <sub>max</sub> (m)	My. x <sub>max</sub>	$\Sigma x^2$	P <sub>max</sub> (ton)	P ijin tanah (ton)	P <sub>max</sub> < P <sub>ijin</sub>
(P) 1D	12	1114,66	92,89	7,48	1,8	13,46	21,6	0,98	1,2	1,18	11,52	93,61	113,18	OK
(P) D+L	12	1304,85	108,74	9,57	1,8	17,22	21,6	0,96	1,2	1,15	11,52	109,63	113,18	OK
(P) D+0,75L	12	1257,30	104,78	9,04	1,8	16,28	21,6	0,97	1,2	1,16	11,52	105,63	113,18	OK
(P) D+0,7Ex Max	12	1148,29	95,69	13,13	1,8	23,64	21,6	46,98	1,2	56,37	11,52	101,68	113,18	OK
(P) D+0,7Ex Min	12	1081,04	90,09	15,43	1,8	27,77	21,6	45,01	1,2	54,01	11,52	96,06	113,18	OK
(P) D+0,7Ey Max	12	1215,79	101,32	40,44	1,8	72,79	21,6	13,63	1,2	16,36	11,52	106,11	113,18	OK
(P) D+0,7Ey Min	12	1013,54	84,46	40,77	1,8	73,38	21,6	11,66	1,2	14,00	11,52	89,07	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	12	1333,15	111,10	30,25	1,8	54,46	21,6	10,45	1,2	12,54	11,52	112,18	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	12	1181,46	98,45	30,65	1,8	55,17	21,6	8,52	1,2	10,22	11,52	101,90	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	12	1282,52	106,88	9,77	1,8	17,59	21,6	35,46	1,2	42,55	11,52	111,38	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	12	1232,09	102,67	15,01	1,8	27,01	21,6	33,53	1,2	40,23	11,52	107,42	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	12	769,92	64,16	40,50	1,8	72,91	21,6	13,24	1,2	15,89	11,52	68,91	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	12	567,67	47,31	40,70	1,8	73,26	21,6	12,06	1,2	14,47	11,52	51,95	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	12	702,42	58,54	13,20	1,8	23,75	21,6	46,58	1,2	55,90	11,52	64,49	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	12	635,18	52,93	13,39	1,8	24,11	21,6	45,40	1,2	54,48	11,52	58,78	113,18	OK

Tabel 4. 72 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 2

Kombinasi Beban	n (buah)	P (ton)	P/n (ton)	Mx (t.m)	y <sub>max</sub> (m)	Mx. y <sub>max</sub>	$\Sigma y^2$	My (t.m)	x <sub>max</sub> (m)	My. x <sub>max</sub>	$\Sigma x^2$	P <sub>max</sub> (ton)	P ijin tanah (ton)	P <sub>max</sub> < P <sub>ijin</sub>
(P) 1D	40	1740,75	43,52	142,56	4,2	598,73	115,2	84,09	2,4	201,82	69,12	51,64	113,18	OK
(P) D+L	40	1957,80	48,95	160,55	4,2	674,32	115,2	94,13	2,4	225,92	69,12	58,07	113,18	OK
(P) D+0,75L	40	1903,54	47,59	156,05	4,2	655,42	115,2	91,62	2,4	219,90	69,12	56,46	113,18	OK
(P) D+0,7Ex Max	40	2078,97	51,97	142,25	4,2	597,46	115,2	135,38	2,4	324,91	69,12	111,02	113,18	OK
(P) D+0,7Ex Min	40	1402,53	35,06	152,70	4,2	641,34	115,2	133,35	2,4	320,03	69,12	45,26	113,18	OK
(P) D+0,7Ey Max	40	2353,94	58,85	177,10	4,2	743,82	115,2	96,45	2,4	231,47	69,12	110,50	113,18	OK
(P) D+0,7Ey Min	40	1127,56	28,19	161,34	4,2	677,64	115,2	98,48	2,4	236,35	69,12	37,49	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	40	2363,43	59,09	177,28	4,2	744,57	115,2	100,74	2,4	241,77	69,12	111,01	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	40	1443,65	36,09	168,24	4,2	706,61	115,2	102,41	2,4	245,79	69,12	45,78	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	40	2157,20	53,93	151,14	4,2	634,79	115,2	129,94	2,4	311,85	69,12	63,95	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	40	1649,88	41,25	163,66	4,2	687,38	115,2	127,22	2,4	305,32	69,12	51,63	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	40	1657,64	41,44	127,01	4,2	533,46	115,2	78,36	2,4	188,06	69,12	48,79	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	40	495,82	12,40	129,38	4,2	543,38	115,2	65,57	2,4	157,38	69,12	112,02	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	40	1382,67	34,57	89,26	4,2	374,91	115,2	102,45	2,4	245,88	69,12	41,38	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	40	706,23	17,66	95,68	4,2	401,85	115,2	104,23	2,4	250,15	69,12	111,50	113,18	OK

Tabel 4. 73 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 3

Kombinasi Beban	n (buah)	P (ton)	P/n (ton)	Mx (t.m)	y <sub>max</sub> (m)	Mx. y <sub>max</sub>	$\Sigma y^2$	My (t.m)	x <sub>max</sub> (m)	My. x <sub>max</sub>	$\Sigma x^2$	P <sub>max</sub> (ton)	P ijin tanah (ton)	P <sub>max</sub> < P <sub>ijin</sub>
(P) 1D	24	1080,66	45,03	187,08	4,2	785,72	34,56	158,93	1,8	286,08	100,8	70,60	113,18	OK
(P) D+L	24	1203,90	50,16	209,20	4,2	878,64	34,56	176,96	1,8	318,52	28,8	86,65	113,18	OK
(P) D+0,75L	24	1173,09	48,88	203,67	4,2	855,41	34,56	172,45	1,8	310,41	28,8	84,41	113,18	OK
(P) D+0,7Ex Max	24	1633,40	68,06	178,31	4,2	748,91	34,56	159,23	1,8	286,61	28,8	99,68	113,18	OK
(P) D+0,7Ex Min	24	527,92	22,00	195,84	4,2	822,53	34,56	159,23	1,8	286,61	28,8	55,75	113,18	OK
(P) D+0,7Ey Max	24	1385,96	57,75	174,97	4,2	734,87	34,56	158,93	1,8	286,08	28,8	88,95	113,18	OK
(P) D+0,7Ey Min	24	775,36	32,31	199,18	4,2	836,57	34,56	158,93	1,8	286,08	28,8	66,45	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	24	1402,06	58,42	194,59	4,2	817,27	34,56	172,45	1,8	310,41	28,8	92,85	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	24	944,12	39,34	212,75	4,2	893,54	34,56	172,45	1,8	310,41	28,8	75,97	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	24	1587,64	66,15	197,10	4,2	827,80	34,56	172,54	1,8	310,57	28,8	100,89	113,18	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	24	758,53	31,61	210,24	4,2	883,01	34,56	172,54	1,8	310,57	28,8	67,94	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	24	953,69	39,74	102,50	4,2	430,48	34,56	95,36	1,8	171,65	28,8	58,15	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	24	343,10	14,30	124,88	4,2	524,48	34,56	95,36	1,8	171,65	28,8	35,43	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	24	1201,14	50,05	112,36	4,2	471,91	34,56	98,39	1,8	177,11	28,8	69,85	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	24	95,65	3,99	121,51	4,2	510,32	34,56	98,39	1,8	177,11	28,8	24,90	113,18	OK

Tabel 4. 74 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 4

Kombinasi Beban	n (buah)	P (ton)	P/n (ton)	Mx (Lm)	y <sub>max</sub> (m)	Mx <sub>y<sub>max</sub></sub>	Σy <sup>2</sup>	My (L.m)	x <sub>max</sub> (m)	My <sub>x<sub>max</sub></sub>	Σx <sup>2</sup>	P <sub>max</sub> (ton)	P <sub>ijin tanah (ton)</sub>	P <sub>max &lt; P<sub>ijin</sub></sub>
(P) 1D	60	4916,74	81,95	9,86	8,4	82,85	322,6	0,00	1,8	0,00	108	82,20	113,18	OK
(P) D=L	60	5815,03	96,92	12,21	8,4	102,56	322,6	0,00	1,8	0,00	108	97,24	113,18	OK
(P) D=0,75L	60	5990,46	99,17	11,62	8,4	97,63	322,6	0,0000278	1,8	0,00	108	93,48	113,18	OK
(P) D=0,7Ex Max	60	4972,62	82,88	66,30	8,4	556,92	322,6	227,52	1,8	409,54	108	88,40	113,18	OK
(P) D=0,7Ex Min	60	4860,87	81,01	66,47	8,4	558,31	322,6	227,52	1,8	409,54	108	86,54	113,18	OK
(P) D=0,7Ey Max	60	5087,46	84,79	202,74	8,4	1703,04	322,6	62,57	1,8	112,62	108	91,11	113,18	OK
(P) D=0,7Ey Min	60	4746,02	79,10	202,91	8,4	1704,44	322,6	62,57	1,8	112,62	108	85,43	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ey Max	60	3718,49	95,31	152,01	8,4	1276,92	322,6	46,92	1,8	84,46	108	100,05	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ey Min	60	5462,42	91,04	152,22	8,4	1278,69	322,6	46,92	1,8	84,46	108	95,79	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ex Max	60	5632,36	93,87	51,54	8,4	432,94	322,6	170,64	1,8	307,15	108	98,06	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ex Min	60	5548,55	92,48	50,89	8,4	427,44	322,6	170,64	1,8	307,15	108	96,65	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	60	3120,76	52,01	202,78	8,4	1703,32	322,6	62,57	1,8	112,62	108	58,34	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	60	2779,33	46,32	202,88	8,4	1704,16	322,6	62,57	1,8	112,62	108	52,65	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	60	3005,92	50,10	66,33	8,4	557,19	322,6	227,52	1,8	409,54	108	55,62	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	60	2894,17	48,24	66,43	8,4	558,03	322,6	227,52	1,8	409,54	108	53,76	113,18	OK

Tabel 4. 75 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 5

Kombinasi Beban	n (buah)	P (ton)	P/n (ton)	Mx (Lm)	y <sub>max</sub> (m)	Mx <sub>y<sub>max</sub></sub>	Σy <sup>2</sup>	My (L.m)	x <sub>max</sub> (m)	My <sub>x<sub>max</sub></sub>	Σx <sup>2</sup>	P <sub>max</sub> (ton)	P <sub>ijin tanah (ton)</sub>	P <sub>max &lt; P<sub>ijin</sub></sub>
(P) 1D	64	4657,46	72,77	102,95	4,2	432,37	483,8	230,60	4,2	968,53	483,84	75,67	113,18	OK
(P) D=L	64	5171,41	80,80	114,36	4,2	480,30	483,8	256,72	4,2	1078,23	483,84	84,02	113,18	OK
(P) D=0,75L	64	5042,93	78,80	111,26	4,2	467,27	483,8	250,19	4,2	1050,80	483,84	81,93	113,18	OK
(P) D=0,7Ex Max	64	6163,38	96,30	160,82	4,2	675,44	483,8	394,27	4,2	1655,93	483,84	101,12	113,18	OK
(P) D=0,7Ex Min	64	3151,54	49,24	160,80	4,2	675,35	483,8	401,57	4,2	1686,61	483,84	54,12	113,18	OK
(P) D=0,7Ey Max	64	5647,76	88,25	275,45	4,2	1156,87	483,8	258,06	4,2	1083,85	483,84	92,88	113,18	OK
(P) D=0,7Ey Min	64	3667,17	57,30	275,84	4,2	1158,51	483,8	282,03	4,2	1184,53	483,84	62,14	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ey Max	64	5785,65	90,40	239,04	4,2	1003,96	483,8	270,78	4,2	1157,29	483,84	94,83	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ey Min	64	4300,20	67,19	239,40	4,2	1005,46	483,8	280,63	4,2	1178,64	483,84	71,70	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ex Max	64	6172,37	96,44	153,07	4,2	642,89	483,8	372,94	4,2	1566,35	483,84	101,01	113,18	OK
(P) D=0,75L+0,525 Ex Min	64	3913,49	61,15	153,12	4,2	643,09	483,8	368,55	4,2	1547,91	483,84	65,68	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	64	3784,77	59,14	236,85	4,2	994,75	483,8	165,82	4,2	696,43	483,84	62,63	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	64	1804,18	28,19	237,24	4,2	996,41	483,8	197,63	4,2	830,06	483,84	31,97	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	64	4300,40	67,19	122,17	4,2	513,11	483,8	336,49	4,2	1413,26	483,84	71,18	113,18	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	64	1343,84	21,00	122,26	4,2	513,50	483,8	318,97	4,2	1399,67	483,84	24,83	113,18	OK

#### 4.6.4.5.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$\eta = \left( 1 - \frac{36 \times S}{(75 \times S^2 - 7)} \times \left( \frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0,3}{m+n}$$

(sumber : *Power point* mekanika tanah oleh Indra Surya B. Mochtar)

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

(sumber : *Power point* mekanika tanah oleh Indra Surya B. Mochtar)

Dimana  $Q_L$  (group) harus lebih besar dari  $P$  yang terjadi  
Seperti perhitungan pada kombinasi  $D + 0,7 \text{ Ex}$ .

$$\eta = \left( 1 - \frac{36 \times 1,2}{(75 \times 1,2^2 - 7)} \times \left( \frac{4+3-2}{4+3-1} \right) \right) + \frac{0,3}{3+4} = 1,0095$$

Pada kombinasi beban  $1D + 1L$ ,

$$\begin{aligned} Q_L \text{ grup} &= Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta \\ &= 113,18 \times 12 \times 1,0095 \\ &= 1371,11 \text{ ton} \end{aligned}$$

$P_{\max}$  grup yang terjadi =  $101,68 \times 12 = 1220,14 \text{ ton} < Q_L \text{ grup}$   
(OK)

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan jumlah tiang pancang kelompok, dapat dilihat pada **Tabel 4.76-Tabel 4.81**.

Tabel 4. 76 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok

Kombinasi Beban	P ijin tanah (ton)	n (buah)	Ql grup (ton)	Pmax grup (ton)	Ql grup > Pijin
(P) 1D	113,18	12	1371,11	1122,80	OK
(P) D+L	113,18	12	1371,11	1315,05	OK
(P) D+0,75L	113,18	12	1371,11	1266,99	OK
(P) D+0,7Ex Max	113,18	12	1371,11	1192,73	OK
(P) D+0,7Ex Min	113,18	12	1371,11	1126,47	OK
(P) D+0,7Ey Max	113,18	12	1371,11	1265,32	OK
(P) D+0,7Ey Min	113,18	12	1371,11	1062,08	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	113,18	12	1371,11	1346,16	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	113,18	12	1371,11	1217,79	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	113,18	12	1371,11	1315,93	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	113,18	12	1371,11	1269,44	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	113,18	12	1371,11	819,25	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	113,18	12	1371,11	616,41	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	113,18	12	1371,11	746,67	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	113,18	12	1371,11	678,84	OK

Tabel 4. 77 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 2

Kombinasi Beban	P ijin tanah (ton)	n (buah)	Ql grup (ton)	Pmax grup (ton)	Ql grup > Pijin
(P) 1D	113,18	40	4465,71	2065,44	OK
(P) D+L	113,18	40	4465,71	2322,68	OK
(P) D+0,75L	113,18	40	4465,71	2258,37	OK
(P) D+0,7Ex Max	113,18	40	4465,71	4440,80	OK
(P) D+0,7Ex Min	113,18	40	4465,71	1810,42	OK
(P) D+0,7Ey Max	113,18	40	4465,71	4420,00	OK
(P) D+0,7Ey Min	113,18	40	4465,71	1499,62	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	113,18	40	4465,71	4440,40	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	113,18	40	4465,71	1831,24	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	113,18	40	4465,71	2558,08	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	113,18	40	4465,71	2065,24	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	113,18	40	4465,71	1951,70	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	113,18	40	4465,71	3480,50	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	113,18	40	4465,71	1655,14	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	113,18	40	4465,71	4460,00	OK

Tabel 4. 78 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 3

Kombinasi Beban	P ijin tanah (ton)	n (buah)	Ql grup (ton)	Pmax grup (ton)	Ql grup > Pijin
(P) 1D	113,18	24	2701,25	1694,41	OK
(P) D+L	113,18	24	2701,25	2079,50	OK
(P) D+0,75L	113,18	24	2701,25	2025,80	OK
(P) D+0,7Ex Max	113,18	24	2701,25	2392,32	OK
(P) D+0,7Ex Min	113,18	24	2701,25	1337,96	OK
(P) D+0,7Ey Max	113,18	24	2701,25	2134,68	OK
(P) D+0,7Ey Min	113,18	24	2701,25	1594,71	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	113,18	24	2701,25	2228,29	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	113,18	24	2701,25	1823,31	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	113,18	24	2701,25	2421,32	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	113,18	24	2701,25	1630,54	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	113,18	24	2701,25	1395,68	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	113,18	24	2701,25	850,36	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	113,18	24	2701,25	1676,44	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	113,18	24	2701,25	597,63	OK

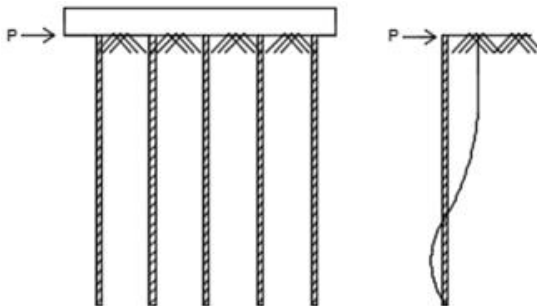
Tabel 4. 79 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 4

Kombinasi Beban	P ijin tanah (ton)	n (buah)	Ql grup (ton)	Pmax grup (ton)	Ql grup > Pijin
(P) 1D	113,18	60	6641,53	4932,15	OK
(P) D+L	113,18	60	6641,53	5834,10	OK
(P) D+0,75L	113,18	60	6641,53	5608,62	OK
(P) D+0,7Ex Max	113,18	60	6641,53	5303,73	OK
(P) D+0,7Ex Min	113,18	60	6641,53	5192,24	OK
(P) D+0,7Ey Max	113,18	60	6641,53	5466,81	OK
(P) D+0,7Ey Min	113,18	60	6641,53	5125,64	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	113,18	60	6641,53	6002,94	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	113,18	60	6641,53	5747,19	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	113,18	60	6641,53	5883,53	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	113,18	60	6641,53	5798,70	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	113,18	60	6641,53	3500,17	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	113,18	60	6641,53	3158,89	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	113,18	60	6641,53	3337,09	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	113,18	60	6641,53	3225,49	OK

Tabel 4. 80 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok Tipe 5

Kombinasi Beban	P ijin tanah (ton)	n (buah)	Ql grup (ton)	Pmax grup (ton)	Ql grup > Pijin
(P) 1D	113,18	64	7108,96	4842,77	OK
(P) D+L	113,18	64	7108,96	5377,57	OK
(P) D+0,75L	113,18	64	7108,96	5243,73	OK
(P) D+0,7Ex Max	113,18	64	7108,96	6471,77	OK
(P) D+0,7Ex Min	113,18	64	7108,96	3463,97	OK
(P) D+0,7Ey Max	113,18	64	7108,96	5944,15	OK
(P) D+0,7Ey Min	113,18	64	7108,96	3977,09	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	113,18	64	7108,96	6068,88	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	113,18	64	7108,96	4589,11	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	113,18	64	7108,96	6464,59	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	113,18	64	7108,96	4203,30	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	113,18	64	7108,96	4008,48	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	113,18	64	7108,96	2045,78	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	113,18	64 </td <td>7108,96</td> <td>4555,21</td> <td>OK</td>	7108,96	4555,21	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	113,18	64	7108,96	1588,97	OK

#### 4.6.4.5.5 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 48 Diagram Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

$\delta$  = defleksi yang terjadi

$Fd$  = koefisien defleksi (dilihat pada grafik)

$P$  = Gaya lateral 1 tiang

$T$  = *Relative stiffness Factor*

Perhitungan pada Kombinasi D + 0,7Ex

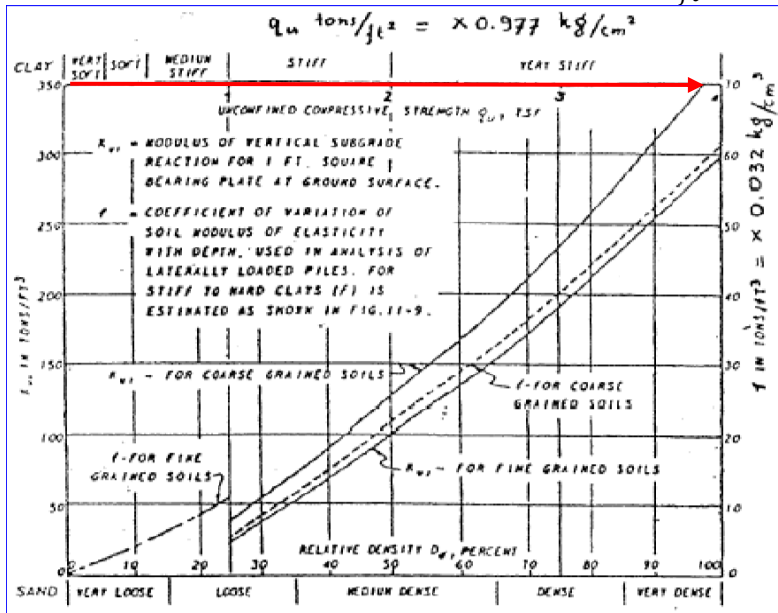
Jumlah tiang = 12

Hmax = 7,73 ton

Hmax 1 tiang = 7,73 ton / 12 buah = 0,64 ton

$C_u$  = 1,8 kg/cm<sup>2</sup>

$q_u$  =  $2 \times C_u = 2 \times 1,8 \times 0,977 = 3,5172 \frac{t}{ft^2}$





Gambar 4. 49 Grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*  
(Sumber: Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971)

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan  $f = 70 \text{ t/ft}^3 = 2,24 \text{ kg/cm}^3$

$$E_c = 4700 \sqrt{f c} = 338921,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (600 - 400)^4 = 7853,98163 \text{ cm}^4$$

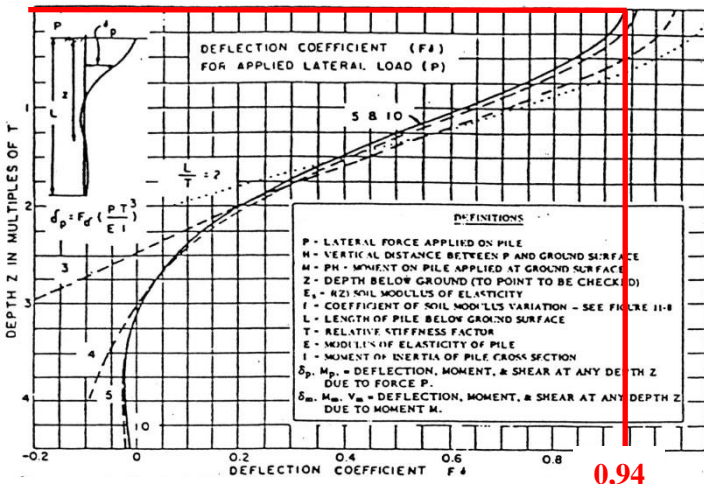
$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{338921,8199 \times 7853,981634}{2,24}\right)^{\frac{1}{5}} = 65,311 \text{ cm}$$

$F_d$ (deflection coefficient)

$L = 28 \text{ m} = 2800 \text{ cm}$  (kedalaman tiang pancang)

$T = 65,311 \text{ cm}$

$L/T = 42,8716$



Gambar 4. 50 grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile*  
(Sumber: Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971)

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan  $F_d = 0.94$

$$\delta = F_d \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

(sumber : *Power point* mekanika tanah oleh Indra Surya B. Mochtar)

$$\delta = 0.94 \left( \frac{7,73 \times 96,4^3}{338921,82 \times 7857,143} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,06 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tiang pancang terhadap gaya lateral, dapat dilihat pada **tabel 4.79** – **tabel 4.83**.

Tabel 4. 81 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 1

Kombinasi Beban	n (buah)	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	$\delta$ (cm)	$\delta < 2,5$ cm	Mmax x (t.m)	Mer (t.m)	Mmax < Mer
(P) 1D	12	0,03	3,05	0,25	0,02	OK	0,146	14,5	OK
(P) D+L	12	0,39	3,90	0,32	0,03	OK	0,187	14,5	OK
(P) D+0,75L	12	0,39	3,69	0,31	0,03	OK	0,176	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	12	7,73	5,27	0,64	0,06	OK	0,370	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	12	6,93	0,82	0,58	0,06	OK	0,332	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	12	2,42	9,84	0,82	0,08	OK	0,471	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	12	1,61	3,75	0,31	0,03	OK	0,179	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	12	1,91	8,78	0,73	0,07	OK	0,421	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	12	1,12	1,41	0,12	0,01	OK	0,068	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	12	5,89	5,36	0,49	0,05	OK	0,282	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	12	5,10	2,02	0,43	0,04	OK	0,244	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	12	2,26	8,62	0,72	0,07	OK	0,413	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	12	1,78	4,97	0,41	0,04	OK	0,238	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	12	7,57	4,05	0,63	0,06	OK	0,363	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	12	7,09	0,40	0,59	0,06	OK	0,339	14,5	OK

Tabel 4. 82 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 2

Kombinasi Beban	n (buah)	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	$\delta$ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax x (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	40	1,58	100,80	2,52	0,20	OK	1,349	14,5	OK
(P) D+L	40	70,45	112,85	2,82	0,22	OK	1,510	14,5	OK
(P) D+0,75L	40	68,63	109,84	2,75	0,22	OK	1,470	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	40	68,30	102,23	2,56	0,20	OK	1,368	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	40	75,11	99,37	2,48	0,20	OK	1,329	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	40	62,63	116,58	2,91	0,23	OK	1,560	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	40	68,35	87,14	2,18	0,17	OK	1,166	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	40	68,16	121,67	3,04	0,24	OK	1,628	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	40	72,52	98,00	2,45	0,19	OK	1,311	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	40	72,42	110,91	2,77	0,22	OK	1,484	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	40	77,36	108,77	2,72	0,22	OK	1,455	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	40	49,85	76,26	1,91	0,15	OK	1,020	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	40	43,52	66,98	1,67	0,13	OK	0,896	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	40	43,04	61,91	1,55	0,12	OK	0,828	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	40	50,21	59,05	1,48	0,12	OK	0,790	14,5	OK

Tabel 4. 83 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 3

Kombinasi Beban	n (buah)	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	$\delta$ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	24	4,79	145,42	6,06	0,48	OK	3,243	14,5	OK
(P) D+L	24	128,17	162,55	6,77	0,54	OK	3,625	14,5	OK
(P) D+0,75L	24	124,90	158,27	6,59	0,52	OK	3,529	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	24	115,07	141,81	5,91	0,47	OK	3,162	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	24	115,07	149,03	6,21	0,49	OK	3,323	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	24	115,07	139,51	5,81	0,46	OK	3,111	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	24	115,07	151,33	6,31	0,50	OK	3,375	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	24	124,90	153,83	6,41	0,51	OK	3,430	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	24	124,90	162,70	6,78	0,54	OK	3,628	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	24	124,90	155,56	6,48	0,51	OK	3,469	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	24	124,90	160,97	6,71	0,53	OK	3,589	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	24	69,04	81,34	3,39	0,27	OK	1,814	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	24	69,04	93,16	3,88	0,31	OK	2,077	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	24	71,19	90,06	3,75	0,30	OK	2,008	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	24	71,19	90,86	3,79	0,30	OK	2,026	14,5	OK

Tabel 4. 84 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 4

Kombinasi Beban	n (buah)	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	δ (cm)	δ < 2.5 cm	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	60	0,00	4,03	0,07	0,01	OK	0,039	14,5	OK
(P) D+L	60	0,00	4,99	0,08	0,01	OK	0,048	14,5	OK
(P) D+0,75L	60	0,00	4,75	0,08	0,01	OK	0,046	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	60	35,72	10,86	0,60	0,06	OK	0,342	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	60	35,72	11,30	0,60	0,06	OK	0,342	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	60	9,82	33,63	0,56	0,06	OK	0,322	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	60	9,82	34,08	0,57	0,06	OK	0,326	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	60	7,37	25,13	0,42	0,04	OK	0,241	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	60	7,37	25,65	0,43	0,04	OK	0,246	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	60	26,79	9,60	0,45	0,04	OK	0,257	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	60	26,79	9,40	0,45	0,04	OK	0,257	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	60	9,82	33,72	0,56	0,06	OK	0,323	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	60	9,82	33,99	0,57	0,06	OK	0,326	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	60	35,72	10,95	0,60	0,06	OK	0,342	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	60	35,72	11,21	0,60	0,06	OK	0,342	14,5	OK

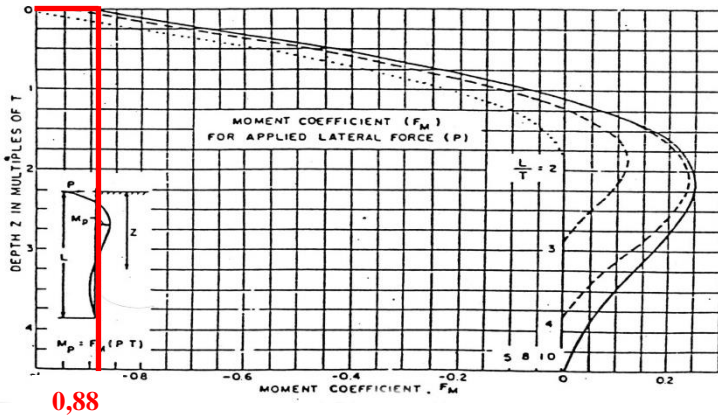
Tabel 4. 85 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral Tipe 5

Kombinasi Beban	n (buah)	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	δ (cm)	δ < 2.5 cm	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	64	2,65	73,33	1,15	0,09	OK	0,613	14,5	OK
(P) D+L	64	188,28	81,19	2,94	0,23	OK	1,574	14,5	OK
(P) D+0,75L	64	183,67	79,12	2,87	0,23	OK	1,536	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	64	185,61	84,02	2,90	0,23	OK	1,552	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	64	199,03	83,96	3,11	0,25	OK	1,664	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	64	160,74	103,05	2,51	0,20	OK	1,344	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	64	186,17	103,42	2,91	0,23	OK	1,557	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	64	176,86	100,78	2,76	0,22	OK	1,479	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	64	193,34	101,16	3,02	0,24	OK	1,617	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	64	195,51	86,50	3,05	0,24	OK	1,635	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	64	201,53	86,56	3,15	0,25	OK	1,685	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	64	92,81	74,24	1,45	0,12	OK	0,776	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	64	121,45	74,57	1,90	0,15	OK	1,016	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	64	140,57	56,12	2,20	0,17	OK	1,175	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	64	134,31	56,15	2,10	0,17	OK	1,123	14,5	OK

Kontrol Momen :

$$M_{\text{crack}} = 29 / 2 = 14,5 \text{ tm (tabel spesifikasi tiang pancang / (SF=2))}$$

$$L/T = 42,87$$



Gambar 4. 51 Grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile*  
(Sumber: Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971)

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan  $F_m = 0.88$

$$M = F_m(PT) \leq M_{banding\ crack}$$

$$M = 0,88 \times (0,06 \times 65,31) \leq 14,5\ tm$$

$$M = 0,37\ tm\ \mathbf{(OK)}$$

$$M = 0,37 \times R/3,5 = 0,37 \times 8/3,5 = 1,33\ tm < 14,5\ tm\ \mathbf{(OK)}$$

Tabel 4. 86 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 1

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	e	f (m)	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	0,033	3,047	0,25	0	0,0026	0,523	14,5	OK
(P) D+L	0,392	3,898	0,3248	0	0,0033	0,669	14,5	OK
(P) D+0,75L	0,395	3,685	0,3071	0	0,0032	0,633	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	7,73	5,273	0,6442	0	0,0066	1,330	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	6,927	0,82	0,5772	0	0,0059	1,191	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	2,418	9,841	0,8201	0	0,0084	1,695	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	1,614	3,747	0,3123	0	0,0032	0,644	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	1,907	8,781	0,7317	0	0,0075	1,512	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	1,118	1,41	0,1175	0	0,0012	0,242	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	5,891	5,355	0,4909	0	0,0051	1,013	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	5,102	2,015	0,4252	0	0,0044	0,877	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	2,257	8,622	0,7185	0	0,0074	1,484	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	1,775	4,966	0,4138	0	0,0043	0,853	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	7,57	4,055	0,6308	0	0,0065	1,302	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	7,088	0,398	0,5906	0	0,0061	1,219	14,5	OK

Tabel 4. 87 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 2

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	e	f (m)	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	1,5791	100,8	2,52	0	0,0536	5,338	14,5	OK
(P) D+L	70,449	112,85	2,8213	0	0,0601	5,997	14,5	OK
(P) D+0,75L	68,628	109,84	2,746	0	0,0584	5,832	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	68,302	102,23	2,5558	0	0,0544	5,416	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	75,114	99,37	2,4842	0	0,0529	5,261	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	62,628	116,58	2,9145	0	0,0620	6,202	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	68,352	87,135	2,1784	0	0,0464	4,597	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	68,162	121,67	3,0418	0	0,0647	6,482	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	72,518	98,005	2,4501	0	0,0522	5,186	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	72,418	110,91	2,7728	0	0,0590	5,891	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	77,361	108,77	2,7191	0	0,0579	5,774	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	49,849	76,258	1,9065	0	0,0406	4,010	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	43,523	66,984	1,6746	0	0,0356	3,513	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	43,036	61,91	1,5478	0	0,0329	3,242	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	50,211	59,05	1,4762	0	0,0314	3,090	14,5	OK

Tabel 4. 88 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 3

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	e	f (m)	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	4,795	145,42	6,06	0	0,1290	13,358	14,5	OK
(P) D+L	128,2	162,55	6,77293	0	0,1442	14,049	14,5	OK
(P) D+0,75L	124,9	158,268	6,59449	0	0,1404	13,624	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	115,1	141,812	5,90885	0	0,1258	13,005	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	115,1	149,028	6,20949	0	0,1322	13,712	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	115,1	139,507	5,8128	0	0,1237	12,780	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	115,1	151,333	6,30554	0	0,1342	13,939	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	124,9	153,833	6,40971	0	0,1364	14,185	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	124,9	162,702	6,77927	0	0,1443	14,064	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	124,9	155,562	6,48175	0	0,1380	14,356	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	124,9	160,974	6,70723	0	0,1428	13,892	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	69,04	81,3392	3,38913	0	0,0721	7,251	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	69,04	93,165	3,88187	0	0,0826	8,352	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	71,19	90,0619	3,75258	0	0,0799	8,062	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	71,19	90,8598	3,78582	0	0,0806	8,137	14,5	OK

Tabel 4. 89 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 4

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	e	f (m)	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	1E-07	4,033	0,07	0	0,0014	0,138	14,5	OK
(P) D+L	7E-06	4,992	0,083	0	0,0018	0,171	14,5	OK
(P) D+0,75L	7E-06	4,752	0,079	0	0,0017	0,163	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	35,72	10,86	0,595	0	0,0127	1,233	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	35,72	11,3	0,595	0	0,0127	1,233	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	9,822	33,63	0,561	0	0,0119	1,161	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	9,822	34,08	0,568	0	0,0121	1,176	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	7,366	25,13	0,419	0	0,0089	0,866	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	7,366	25,65	0,428	0	0,0091	0,884	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	26,79	9,6	0,446	0	0,0095	0,923	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	26,79	9,398	0,446	0	0,0095	0,923	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	9,822	33,72	0,562	0	0,0120	1,164	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	9,822	33,99	0,566	0	0,0121	1,173	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	35,72	10,95	0,595	0	0,0127	1,233	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	35,72	11,21	0,595	0	0,0127	1,233	14,5	OK

Tabel 4. 90 Kontrol Momen Tiang Pancang Tipe 5

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	H max (ton)	e	f (m)	Mmax (t.m)	Mcr (t.m)	Mmax < Mcr
(P) 1D	2,65	73,33	1,15	0	0,0244	2,389	14,5	OK
(P) D+L	188	81,19	2,9419	0	0,0626	6,263	14,5	OK
(P) D+0,75L	184	79,12	2,8698	0	0,0611	6,104	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Max	186	84,02	2,9001	0	0,0617	6,170	14,5	OK
(P) D+0,7Ex Min	199	83,96	3,1098	0	0,0662	6,633	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Max	161	103,1	2,5115	0	0,0535	5,320	14,5	OK
(P) D+0,7Ey Min	186	103,4	2,9088	0	0,0619	6,190	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Max	177	100,8	2,7634	0	0,0588	5,871	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ey Min	193	101,2	3,0209	0	0,0643	6,436	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Max	196	86,5	3,0549	0	0,0650	6,511	14,5	OK
(P) D+0,75L+0,525 Ex Min	202	86,56	3,149	0	0,0670	6,719	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Max	92,8	74,24	1,4502	0	0,0309	3,034	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ey Min	121	74,57	1,8977	0	0,0404	3,991	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Max	141	56,12	2,1964	0	0,0468	4,636	14,5	OK
(P) 0,6D+0,7Ex Min	134	56,15	2,0987	0	0,0447	4,424	14,5	OK

#### 4.6.4.6 Perencanaan Poer

Pembebanan untuk perencanaan poer menggunakan pembebanan LRFD, dimana perhitungan momen untuk peulangan menggunakan program bantu ETABS 2013, dengan memasukkan Pmax tiang pancang dan berat sendiri pile cap sebagai beban.

Tabel 4. 91 Pembebanan Pondasi Tipe 1

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(Poer) 1,4D	0,56254	4,2656	1560,531	5,34728	0,7028
(Poer) 1,2D+1,6L	0,46685	5,01784	1641,891	6,29245	0,5833
(Poer) 0,9 D	0,36164	2,74217	1003,198	3,43754	0,4518
(Poer) 1,2 D + 0,5 L	0,47739	4,08173	1432,689	5,11746	0,5964
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Max	10,94207	7,688	1575,812	9,52409	53,729
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Min	9,99687	1,32648	1479,75	20,8272	52,548
(Poer) 0,9D + Ex Max	10,83111	5,92294	1051,229	11,7381	53,59
(Poer) 0,9D + Ex Min	10,10784	0,43859	955,1674	18,6132	52,687
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Max	3,35295	14,21314	1672,245	40,7046	15,203
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Min	2,40775	5,19866	1383,317	52,0077	14,023
(Poer) 0,9D + Ey Max	3,24199	12,44808	1147,662	42,9186	15,065
(Poer) 0,9D + Ey Min	2,51871	6,96373	858,7346	49,7937	14,161



Tabel 4. 92 Pembebanan Pondasi Tipe 2

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(Poer) 1,4D	88,432	141,12014	2437,049	30,2331	11,61
(Poer) 1,2D+1,6L	87,4527	140,24186	2436,185	31,571	12,035
(Poer) 0,9 D	56,8491	90,72008	1566,674	19,4356	7,4634
(Poer) 1,2 D + 0,5 L	79,4407	126,98565	2197,426	27,6819	10,602
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Max	90,3367	135,05444	2789,122	25,987	75,612
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Min	100,068	130,96797	1822,784	46,3936	60,834
(Poer) 0,9D + Ex Max	64,1872	92,76331	2049,843	21,8824	72,827
(Poer) 0,9D + Ex Min	74,398	88,67686	1083,505	36,3795	62,58
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Max	82,2301	155,55136	3181,942	51,1752	29,721
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Min	90,4909	113,13121	1429,964	79,7132	22,917
(Poer) 0,9D + Ey Max	71,4458	113,26024	2442,663	50,2372	26,727
(Poer) 0,9D + Ey Min	64,2574	95,36137	742,5183	70,4743	19,336

Tabel 4. 93 Pembebanan Pondasi Tipe 3

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(Poer) 1,4D	161,101	203,588	1512,924	17,6004	29,186
(Poer) 1,2D+1,6L	159,043	201,913	1493,974	17,5943	28,703
(Poer) 0,9 D	103,565	130,878	972,5939	11,3146	18,762
(Poer) 1,2 D + 0,5 L	144,635	183,069	1358,411	15,8699	26,169
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Max	151,184	186,481	2209,661	10,3191	27,795
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Min	151,184	196,788	630,3999	22,9882	27,795
(Poer) 0,9D + Ex Max	104,127	129,025	1762,224	5,829	19,402
(Poer) 0,9D + Ex Min	104,127	136,032	182,9633	18,1115	19,402
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Max	151,184	183,187	1856,168	9,49494	27,321
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Min	151,184	200,081	983,8926	23,8124	27,321
(Poer) 0,9D + Ey Max	103,565	122,431	1408,732	6,69184	18,762
(Poer) 0,9D + Ey Min	103,565	139,325	536,456	18,9744	18,762

Tabel 4. 94 Pembebanan Pondasi Tipe 4

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(Poer) 1,4D	8,889E-06	5,64645	6883,439	7,03184	3E-05
(Poer) 1,2D+1,6L	8,398E-06	6,37432	7337,347	7,94106	2E-05
(Poer) 0,9 D	5,714E-06	3,62987	4425,068	4,52046	2E-05
(Poer) 1,2 D + 0,5 L	7,864E-06	5,31936	6349,233	6,62533	2E-05
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Max	51,02473	15,5131	6878,195	76,0875	263,8
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Min	51,02475	16,14505	6718,556	75,5867	263,8
(Poer) 0,9D + Ex Max	51,02473	15,6306	4504,888	76,0008	263,8
(Poer) 0,9D + Ex Min	51,02475	16,02757	4345,248	75,6734	263,8
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Max	14,03131	48,04851	7042,258	231,965	72,543
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Min	14,03131	48,68046	6554,493	231,464	72,543
(Poer) 0,9D + Ey Max	14,03131	48,16601	4668,95	231,878	72,543
(Poer) 0,9D + Ey Min	14,03131	48,56298	4181,185	231,551	72,543

Tabel 4. 95 Pembebanan Pondasi Tipe 5

Kombinasi Beban	Hx (ton)	Hy (ton)	P (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
(Poer) 1,4D	232,1143	101,1529	1482,042	19,0564	30,58
(Poer) 1,2D+1,6L	226,3412	98,54069	1441,45	18,5985	29,837
(Poer) 0,9 D	149,2164	65,02688	952,7414	12,2505	19,659
(Poer) 1,2 D + 0,5 L	207,5133	90,40194	1323,799	17,0417	27,344
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Max	200,7489	94,75383	2293,715	20,8327	29,154
(Poer) 1,2D + 1L + Ex Min	231,3939	94,53254	460,8391	20,9136	29,316
(Poer) 0,9D + Ex Max	159,606	65,76598	1869,179	15,6168	28,027
(Poer) 0,9D + Ex Min	164,5388	65,54532	80,95725	15,6953	21,978
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Max	192,1715	95,42167	1934,841	24,6286	26,027
(Poer) 1,2D + 1L + Ey Min	239,9714	95,80425	819,7132	24,5717	30,928
(Poer) 0,9D + Ey Max	125,3164	66,4338	1510,305	20,4865	17,208
(Poer) 0,9D + Ey Min	173,1163	66,81704	395,1777	20,4959	22,109

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- Pu = 1672,7 ton
- P<sub>max</sub> ( 1 tiang ) = 145,24 ton
- Jumlah tiang pancang = 16 buah
- Dimensi poer = 3,8 x 5 x 1,2 m

- Ukuran kolom = 1 x 1 m
  - Mutu beton ( $f_c'$ ) = 45 MPa
  - Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
  - Diameter tulangan = 29 mm
  - Selimut beton = 60 mm
  - $\lambda$  = 1 (beton normal)
  - $\alpha_s$  = 20 (kolom sudut)
  - Tinggi efektif ( $d$ )
- $$d_x = 1200 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1125,5 \text{ mm}$$
- $$d_y = 1200 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1096,5 \text{ mm}$$

#### 4.6.4.6.1 Kontrol Geser Pons

##### 1. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non- prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan SNI 2847:2012 pasal 11.11.2.1 nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

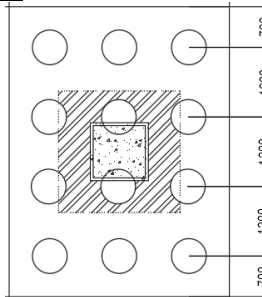
dimana :

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek  
=  $5000/3800 = 1,315$

$b_o$  = Keliling penampang kritis  
=  $2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$   
=  $2 (1000 + 1125,5) + 2 (1000 + 1125,5)$

= 8502 mm  
Geser Pons 2 Arah



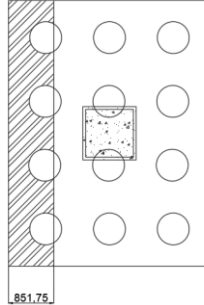
Gambar 4. 52 Area Kritis Geser Dua Arah Pondasi Kolom

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1,315} \right) 1 \cdot \sqrt{45} \times 8502 \times 1125,5 \\
 &= 27.499.343,06 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left( \frac{20 \cdot 1125,5}{8502} + 2 \right) 1 \cdot \sqrt{45} \times 8502 \times 1125,5 \\
 &= 24.761.722,04 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{45} \times 8502 \times 1125,5 \\
 &= 21.375.539,78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 21.375.539,78 N = 2.137,55 ton

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 2.137,55 = 1.603,17 \text{ ton} \\
 \phi V_c &= 1.603,17 \text{ ton} > P_u \\
 \phi V_c &= 1.603,17 \text{ ton} > 139,35 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

Geser Pons 1 Arah

Gambar 4. 53 Area Kritis Geser Pons Satu Arah

$$V_u \text{ pile} = 0 - 2.4 \text{ t/m}^3 \times 1.2 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 0,8517 \text{ m} \\ = - 12,26448 \text{ t}$$

$$\phi V_c = 0.75 \sqrt{f'c} b d \\ = 0.75 \times \sqrt{45} \times 3800 \times 1125,5 = 21,425 \text{ t} \\ \phi V_c > V_u \text{ (OK)}$$

**2. Akibat Pancang**

$$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\ = 5000/3800 = 1,315 \\ b_o = (\pi \times (600 + 1125,5)) \\ = 1355,2045 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{45} \times 1355,2045 \times 1125,5 \\ = 4.383.349,13 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ = 0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 1125,5}{1355,2045} + 2\right) 1 \cdot \sqrt{45} \times 1355,204 \times 1125,5 \\ = 15.804.544,18 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333\lambda\sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333.1.\sqrt{45} \times 15.804.544,18 \times 1125,5 \\
 &= 3.407.225,17 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $3.407.225,17 \text{ N} = 340,72 \text{ ton}$

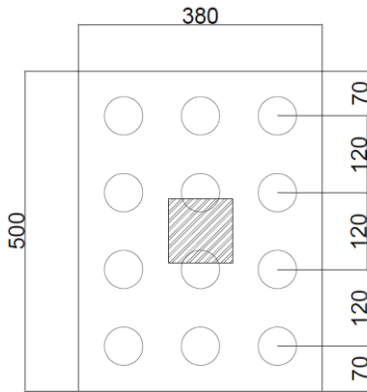
$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 340,72 = 255,54 \text{ ton} \\
 \phi V_c &= 255,54 \text{ ton} > P_{\text{maks}} \\
 &= 255,54 \text{ ton} > 145,24 \text{ ton} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

#### **4.6.4.6.2 Penulangan Poer**

Untuk penulangan lentur, terdapat 2 kondisi dalam analisa penulangan lentur, kondisi pertama dimana poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada tepi kolom dan beban yang berkerja adalah beban terpusat di tiang pancang yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Sedangkan, kondisi kedua dimana poer dianalisa dengan tiang pancang sebagai perletakannya dan beban yang bekerja adalah beban terpusat dari kolom dan berat sendiri poer.

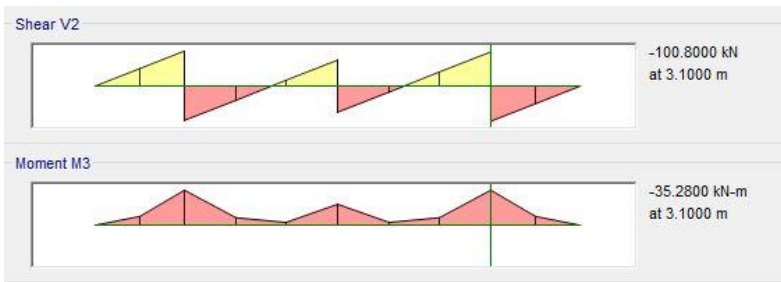
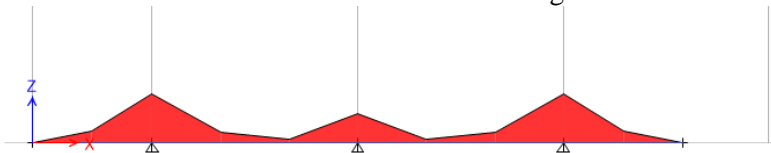
##### **1. Penulangan Arah X**



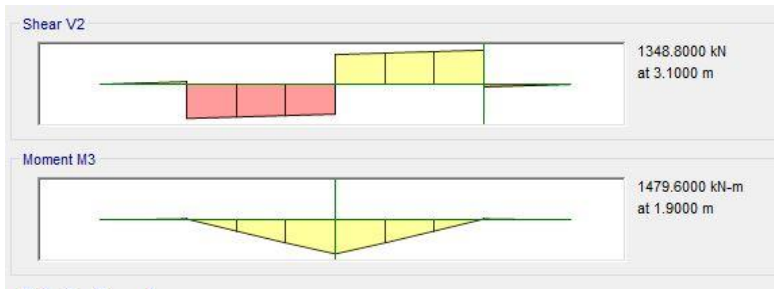
Gambar 4. 54 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu X)

Penulangan Poer Arah Sumbu X

Gambar 4. 55 Hasil ETABS momen Negatif arah X



Gambar 4. 56 Momen negatif arah X dari ETABS



Tabel 4. 57 Momen Positif arah X dari ETABS

Didapat momen dari ETABS:

$$M \text{ positif} = 1.479,6 \text{ kN.m} = 1.476.600.000 \text{ N.mm}$$

$$M \text{ negatif} = 35,28 \text{ kN.m} = 24.100.800 \text{ N.mm}$$

$$P_{\max} = 165,08 \text{ ton} = 1650,8 \text{ kN}$$

$$q = 5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 = 14,4 \text{ ton/m}$$

$$M_u = 3P_{\max}a - \frac{1}{2} \times q_u \times L^2$$

$$= (2 \times 165,08 \times 1,2) - \frac{1}{2} \times 14,4 \times 3,8^2$$

$$= 490,32 \text{ ton.m}$$

$$= 4903,2 \text{ kN.m} > 1479,6 \text{ kN.m}$$

Ambil  $M_u$  dari perhitungan!

- Mencari  $\rho$  min

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{400} = 0,0041926$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,0041926$

- Menentukan Harga  $m$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 45} = 10,457516$$



$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{4.903.200.000,00}{3800 \times 1125,5^2} = 1,1317$$

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

$$= \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 1,1317}{400}} \right) = 0,00287$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,0041926$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,0041926 \times 1000 \times 1125,5 = 4718,80 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4718,80}{660,7857} = 68 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} \approx 125 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tarik D29–100 mm

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,004192 \times 1000 \times 1125,5 = 2359,401 \text{ mm}^2$$

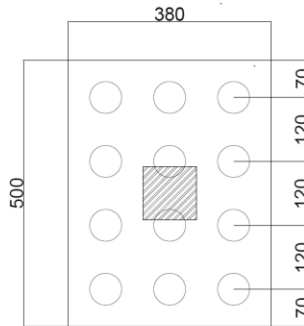
Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{2359,401}{660,7857} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

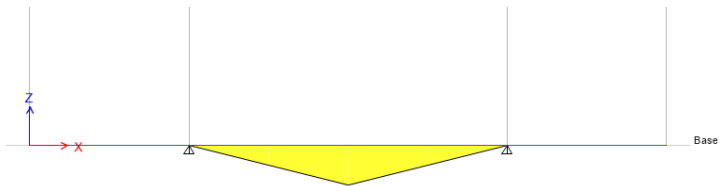
Digunakan tulangan tekan D29–200 mm

## 2. Penulangan Arah Y

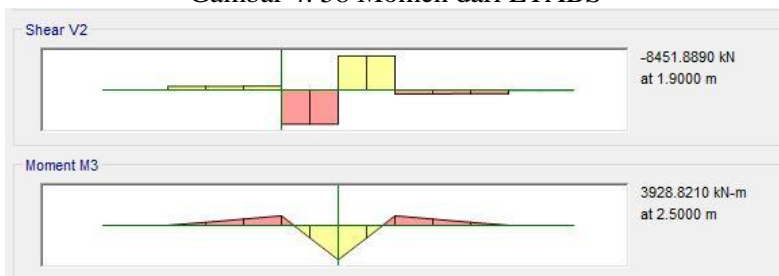


Gambar 4. 57 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu Y)

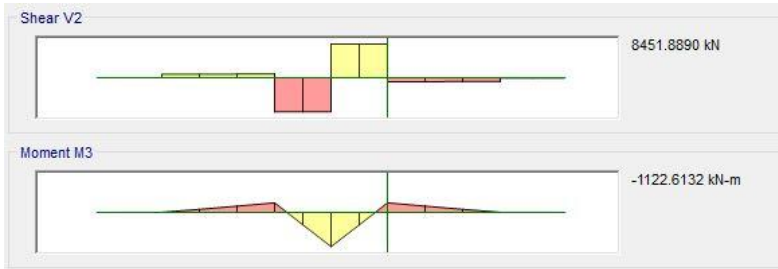
### Penulangan Poer Arah Sumbu Y



Gambar 4. 58 Momen dari ETABS



Gambar 4. 59 Momen positif arah Y dari ETABS



Gambar 4. 60 Momen Negatif arah Y dari ETABS

Didapat momen dari ETABS:

$$M_{\max} = 3928 \text{ kN.m}$$

$$M_{\min} = 1120 \text{ kN.m}$$

$$P_{\max} = 165,08 \text{ ton}$$

$$q = 3,8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 = 10,944 \text{ ton/m}$$

$$M_u = 4P_{\max}a - \frac{1}{2} \times q_u \times L^2$$

$$= (4 \times 1650,8 \times 1,8) - \frac{1}{2} \times 10,94 \times 5^2$$

$$= 10517,76 \text{ kN.m} > 3928 \text{ kN.mm}$$

Ambil  $M_u$  dari perhitungan !

- Mencari  $\rho$  min

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{45}}{400} = 0,0041926$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,0041926$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 45} = 10,457516$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{10517,76}{5000 \times 1125,5^2} = 1,94398$$

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

$$= \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 1,943}{400}} \right) = 0,00499$$

$$\rho > \rho_{\min} \rightarrow \rho = 0,00499$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,00499 \times 1000 \times 1125,5 = 5471,73 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{5471,73}{660,7857} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{9} \approx 100 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tarik D29–100 mm

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,00419 \times 1000 \times 1125,5 = 2735,863 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{2735,863}{660,7857} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D29–200 mm

#### 4.6.4.7 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$A_g = 120000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

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

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

Selimut beton = 40 mm

Tulangan utama = D19

Tulangan Senggang = D10

$$d = 400 - (40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19) = 340,5 \text{ mm}$$

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan diaman beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah

Berat sendiri sloof

$$\begin{aligned} qu &= 1,4 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 403,2 \text{ kg/m} \\ &= 4,032 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

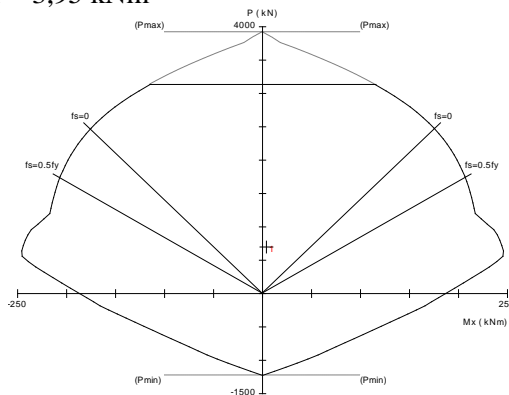
Panjang sloof = 2,8 m

$$\begin{aligned} Mu_{\text{ump}} &= \frac{1}{8} qu \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 4,032 \times 2,8^2 \text{ kgm} \\ &= 3,95 \text{ kNm} \end{aligned}$$

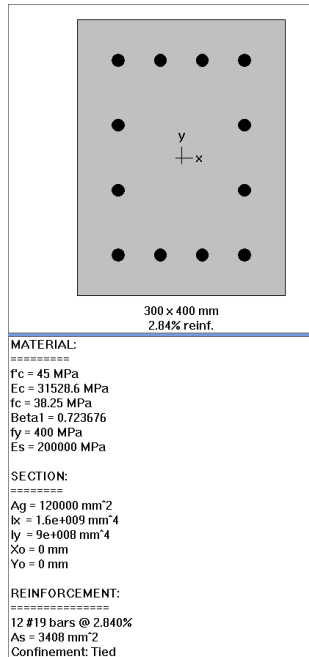
Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban:

$$P = 10\% P_u = 10\% 6982,3 \text{ kN} = 698,23 \text{ kN}$$

$$M = 3,95 \text{ kNm}$$



Gambar 4. 61 Diagram Interaksi P-M



Gambar 4. 62 Spesifikasi Penulangan Sloof

### Penulangan Geser Sloof

$$Vu = \frac{1}{2} qu \times L = \frac{1}{2} \times 4,032 \times 3,4 = 6,8544 \text{ kN}$$

$$d' = 400 - 40 - 10 - 19/2 = 340,5 \text{ mm}$$

$$Vc = \frac{bw \times d \times \sqrt{f'c}}{6} = \frac{300 \times 340,5 \times \sqrt{45}}{6} = 114.207 \text{ N}$$

$$= 114,207 \text{ kN}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 10 = 114,2017 \text{ kN} > Vu \text{ (OK)}$$

Sehingga tulangan geser tidak diperlukan

Jadi dipasang tulangan geser min

Smaks = d/2 atau 300 mm

$$d/2 = 340,5/2 = 170,25 \text{ mm}$$

$$Av \text{ min} = \frac{bw \times s}{3fy} = \frac{300 \times 170,25}{3 \times 400} = 42,56 \text{ mm}^2$$

Dipasang Sengkang 2D10-150 mm

Halaman ini sengaja di kosongkan.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut:

1. Sesuai dengan perhitungan, dimensi struktur sekunder dan struktur primer yang didapat sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Dimensi Struktur Sekunder

Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Balok Anak	BA1	Pracetak	40/40	cm
		Komposit	40/55	cm
Pelat	HCS	Pracetak	15	cm
Tangga	Pelat Bordes	Cast in site	15	cm
	Pelat Tangga		15	cm

Tabel 5. 2 Dimensi Struktur Primer dan Pondasi

Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Balok Induk	BI 1	Pracetak	50/60	cm
		Komposit	50/75	cm
Balok Induk	BI 2	Pracetak	50/60	cm
		Komposit	50/75	cm
Balok Induk	BI 3	Pracetak	50/60	cm
		Komposit	50/75	cm
Balok Induk	BI 4	Pracetak	40/45	cm
		Komposit	40/60	cm
Balok Induk	BI 5	Pracetak	50/60	cm



		Komposit	50/75	cm
Balok Induk	BI 6	Pracetak	50/60	cm
		Komposit	50/75	cm
Balok Induk	BI 7	Pracetak	50/60	cm
		Komposit	50/75	cm
Balok Induk	BI 8	Pracetak	50/60	cm
		Komposit	50/75	cm
Balok Induk	BI 9	Pracetak	40/45	cm
		Komposit	40/60	cm
Balok Induk	BI 10	Pracetak	40/45	cm
		Komposit	40/60	cm

2. Analisa struktur gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta menggunakan program bantu ETABS 2016. Data-data untuk perhitungan respon spektrum diambil dari [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) untuk wilayah gempa Jakarta dan perhitungannya mengacu sesuai peraturan SNI 1726:2012.
3. Perhitungan pembebanan struktur untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
4. Sistem sambungan pada elemen balok induk dengan kolom maupun balok induk dengan balok anak menggunakan produk dari Peikko Group, yaitu menggunakan Modix Rebar Coupler, setelah di sambungan maka akan di grouting dengan produk SS Mortar.
5. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali tangga, dinding geser, pelat *basement*, dan pile cap untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan.
6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang produk WIKA Beton dengan

metode tegangan ijin dan pile cap berdasarkan metode tegangan desain.

7. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada gedung Apartemen 1 *Park Avenue* Jakarta akan dituangkan pada gambar teknik yang terdapat di lampiran.

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan penulis antara lain:

1. Perencanaan menggunakan metode beton pracetak untuk elemen balok dengan menggunakan sambungan *coupler* dapat mempersingkat waktu pengerjaan, namun dalam penerapan di lapangan harus dipertimbangkan mengenai biaya.
2. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, gambaran mengenai konsep desain sambungan yang akan diterapkan pada elemen pracetak sangatlah penting. Karena dengan adanya gambaran mengenai konsep desain sambungan ini, kita akan mengetahui apakah sambungan yang direncanakan dapat diterapkan atau tidak.
3. Pada saat ereksi dan instalasi sambungan elemen pracetak, dibutuhkan pengawasan yang baik. Saat proses ereksi, ketinggian pada saat pengangkatan, maupun sudut angkat harus diperhatikan, jika tidak, dikhawatirkan akan terjadi kegagalan struktur akibat gaya tak terduga pada saat proses pengangkatan.
4. Pada perencanaan bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar dan sesuai dengan perencanaan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. 2007. "Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa Rantai Nilai". Seminar dari Pameran HAKI 2007.
- Adiasa, A.M. 2015. "Evaluasi Penggunaan Beton Precast di Proyek Konstruksi". *Jurnal Karya Teknik Sipil* 4, 1:126-134.
- ASCE. 2017. "ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures". Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chandurkar, P.P. dan Pajgade, P.S. 2013. "Seismic Analysis of RCC Building with and without Shear Wall". *International Journal of Modern Engineering Research* 3, 3:1805-1810.
- C, Stephen. 2013. "Hollow Core manufacture and Factory Design". *The Indian Concrete Journal*.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung 1983. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- El-Arab, Islam M. Ezz. 2017. "Web Shear Strengthening Technique of Deep Precast Prestressed Hollow Core Slabs

- Under Truck Loads”. *Journal of Building Construction and Planning Research*.
- Elliott, K.S. 2002. “Precast Concrete Structures”. Great Britain: Butterworth-Heinemann.
- Ervianto, W.I. (2006). “Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting”. Yogyakarta: Andi.
- Faizah, S., Tavio ., Raka, I.G.P ., Studi Perbandingan Desain Struktur Menggunakan Sistem Rangka Gedung Dengan Sistem Ganda Sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013
- Gewab, H.C., Malik,A. A., Karingkong,H. H.2003. Program Perencanaan Arsitektur, 43-52.
- Gunawan, R. 1991. “Pengantar Teknik Fondasi”. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H.C. 1996. “Teknik Fondasi 1”. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hassan, Tarek., Lucier Gregory., Rizkalla, Sami., & Zia, Paul. 2007. “Modelling of L-Shaped, Precast, Prestressed Concrete Spandrels”. *PCI Journal*
- Hermawan, A. Rudi. & SM, Eka. 2013. “Analisis Sambungan Balok Precast Sederhana dengan Sistem Double Lapslices Middle Wet Joint di Momen Maksimum”. *Jurnal Politeknologi* Vol. 12.
- Hogan, L.D. 2013. “Roof Decks A to Z, Part V: Precast, Prestressed Concrete Tees”. *RCI Interface*, Oktober.

- Hollow Core Slab*. Brosur PT. Beton Elemenindo Perkasa. Business Park Kebon Jeruk, Jakarta Barat.
- Imran, I. dan Hendrik, F. 2014. "Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang". Bandung: ITB.
- Indrayana, A.B. 2013. "Analisis Desain Sambungan Balok-Kolom Sistem Pracetak untuk Ruko Tiga Lantai". Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Imran, Iswandi & Hanafiah, Kamaludin. 1998. "Perilaku Sambungan Antara Elemen Beton Pracetak pada Rangka Balok Kolom Terhadap Beban Lateral Siklik". Jurnal Sipil Vol. 3 No. 4
- Jose, V. dan Kumar, P.R. 2014. "Hollow Core Slabs in Construction Industry". *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 3, 5:414-420.
- Joshi, Manoj K., Murty, C.V.R., & Jaisingh, M.P. 2005. "Cyclic Behaviour of Precast RC Concrete". *The Indian Concrete Journal*
- Kay Dora, A. g. Nor Hayati, A. H.2016. Modeling of two-storey precast building under past earthquake records using dynalpot program.
- L, Mamatha., S, Vijaya G., & L, Er. Kirankumar K.L. 2016. "Seismic Analysis of R.C Dual Frame Systems with and Without Floating Columns". *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.

- Lanu, Matti. 1995. "Testing Fibre Reinforced Concrete in An Inverted T-Beam". *Mechanics Journal* Vol. 28.
- Mejia-McMaster and Robert Park. 1994. "Precast Concrete Hollow Core Floor Unit Support and Continuity". Reserach Report
- Modix Rebar Couplers. 2016. Brosur Peikko Group Corporation. Finlandia.
- Nimse, R.B., Joshi, D.D., dan Patel, P.V. 2014. "Behavior of Wet Precast Beam Column Connections under Progressive Collapse Scenario: an Experimental Study". *International Journal of Advanced Structural Engineering* 6, 4:149-159.
- NMB Splice-Sleeve Systems. 2017. Brosur Splice Sleeve North America, Inc. Livonia, Michigan, USA.
- Noorhidana, Vera A. & Syahland, Suirna Juarnisa. 2009. "Kajian Eksperimental Pengaruh Bentuk Penampang Balok terhadap Beban Maksimum dan Kekakuan Balok Beton Bertulang". *Jurnal Sipil dan Perencanaan* Vol. 13
- Nurjannah, Siti Aisyah. 2011. "Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak sebagai Alternatif pada Teknologi Konstruksi Indonesia yang Mendukung Efisiensi Energi serta Ramah Lingkungan". *Prosiding Seminar Nasional*.
- Pajari, Matti. 2009. "Web Shear Failure in Prestressed Hollow Core Slabs". *Journal of Structural Mechanics*. Vol 42
- Pamungkas, A. dan Harianti, E. 2013. "Desain Pondasi Tahan Gempa". Yogyakarta: Andi.
- PCI. 2004. "PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 6<sup>th</sup> Edition". Chicago: PCI Industry Handbook Committee.

- Prasetya, A.D. 2018. “Desain Modifikasi Struktur Gedung Perkantoran One Galaxy dengan Dual System Menggunakan Elemen Pracetak dan Hollow Core Slab”. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Setiamanah, D.T. 2016. “Perencanaan Gedung Apartemen Bale Hinggil dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak”. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Sianturi, N.M. 2012. “Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak pada Pembangunan Gedung”. *Jurnal Rancang Sipil* 1, 1:10-20.
- Simasathiem, S. & Chao, S. 2015. “Shear Strength of Steel Fiber Reinforced Deep Hollow Core Slabs”. *PCI Journal*
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa K. 2000. “Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi”. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Spreading Beams TZV. 2018. Brosur Beta Concrete Plant & Lifting Equipment. Prancis.
- Susanto, Vincentius Felis, Faimun, Tavio. 2018. “Desain Modifikasi Apartemen One East dengan Menggunakan Precast Dual System Sesuai dengan Peraturan ACI 318M-14”. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 7
- Tjahjono, E. dan Purnomo, H. 2004. “Pengaruh Penempatan Penyambungan pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar”. *Makara Teknologi* 8, 13:90-97.



- Tjakra, Candy Happy Najooan Jermias & Pratasih, Pingkan A. K. 2016. "Analisis Metode Pelaksanaan Plat Precast dengan Plat Konvensional Ditinjau dari Waktu dan Biaya". *Jurnal Sipil Statik* Vol. 4
- Wahyudi, H. dan Hanggoro, H.D. 2010. "Perencanaan Struktur Gedung BPS Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Beton Pracetak". Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Warnes, C.E. 1992. "Precast Concrete Connection Details for All Seismic Zones," *Concrete International* 14 (11): 36-44
- Wibowo, F.X.N. 2006. "Sambungan pada Rangka Batang Beton Pracetak". *Jurnal Teknik Sipil* 7, 1:80-96.
- Wibowo, nur., Tawio., Soegihardjo, Hidayat., Wahyuni, Endah ., Data.2011. "Studi Perilaku Sambungan Balok Pracetak untuk Rumah Sederhana Tahan Gempa".
- Wulandari, C.M.F. 2006. "Perancangan Modifikasi Struktur Gedung Hotel Nawasaka Surabaya dengan Sistem Ganda". Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Yadav, Neetu B & Shah, Rushabh A. 2013."Precast Technology: An Initial Step to Sustainable Development". *International Journal for Scientific Research and Development* Vol. 1 Issue

**LAMPIRAN**



# HOLLOW CORE SLAB (HCS)



## SPESIFIKASI PRODUK

Lebar	1.200 mm
Panjang	Sesuai Pesanan
Tebal	120 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm
Berat	209 kg/m <sup>2</sup> , 247 kg/m <sup>2</sup>
Mutu Beton	K-450
Permukaan Atas	Slap pasang keramik
Permukaan Bawah	Beton Expose
Tulangan	PC Wire $\phi$ 5 mm dan $\phi$ 7 mm

Hollow Core Slab (HCS) atau plat beton berongga adalah produk utama dari PT. Beton Elemindo Perkasa yang berfungsi sebagai plat lantai. HCS diproduksi dengan menggunakan mesin Slipformer dan akan dipotong sesuai dengan pesanan atau cutting list. Dengan menggunakan HCS, pekerjaan konstruksi akan menjadi lebih cepat dan biaya konstruksi akan mengesal dibandingkan pekerjaan secara konvensional. HCS cocok digunakan untuk berbagai jenis bangunan, seperti: rumah tinggal, villa, gedung kantor, ruko, pabrik, pusat perbelanjaan, tempat parkir, hotel, dan juga apartemen.

## KEUNTUNGAN

- Menggunakan sistem prategang yang menghasilkan lendutan yang sangat kecil disebabkan lawan lendut dari gaya prategang itu sendiri.
- "Prestressing Effect", memberikan ketahanan terhadap suhu tinggi daripada beton konvensional.
- Rongga di tengah HCS yang membuat berat sendirnya lebih ringan 28%-49% jika dibandingkan lantai konvensional. membuat struktur bangunan dan dimensi pondasi menjadi lebih kecil.
- Dapat mereduksi dimensi balok dan kolom bahkan mengurangi balok dan kolom bila dibandingkan dengan sistem konvensional sehingga menghasilkan ruangan yang lebih luas.
- HCS dapat langsung dipasang keramik.
- Permukaan bawah expose sehingga dapat langsung dijadikan plafond.
- Pekerjaan pembuatan bekisting dapat dihilangkan.
- Pemasangan tidak membutuhkan scaffolding/perancah sehingga lantai bawah dapat digunakan sebagai lantai kerja.

## PENGIRIMAN



Pengiriman material ke lokasi



1. Dengan menggunakan HOIST



2. Dengan menggunakan mobil crane



3. Dengan menggunakan tower crane

## PELETAKAN



1. Di atas struktur baja



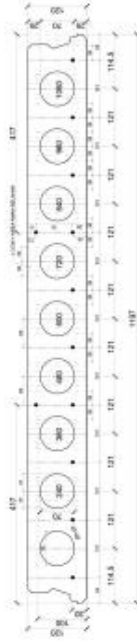
2. Di atas struktur beton



## SPEKIFIKASI UKURAN DAN TIPE PLAT BETON BERONGGA PRATELANG PRACETAK (HCS)



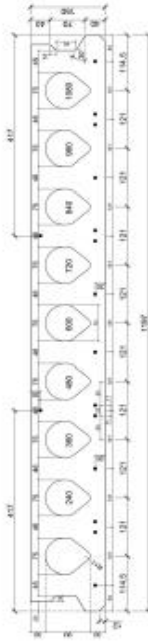
**PENAMPANG TEBAL 120 mm**



Type	Area (cm <sup>2</sup> )	Self Load (kg/m <sup>2</sup> )	Rongga
HCS 120	990,88	209	26%



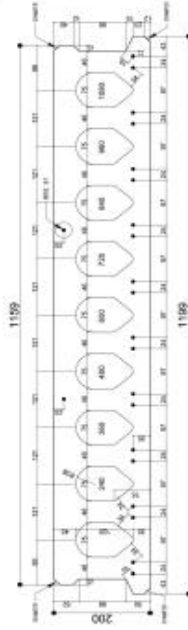
**PENAMPANG TEBAL 150 mm**



Type	Area (cm <sup>2</sup> )	Self Load (kg/m <sup>2</sup> )	Rongga
HCS 150	1.117,18	247	35,80%



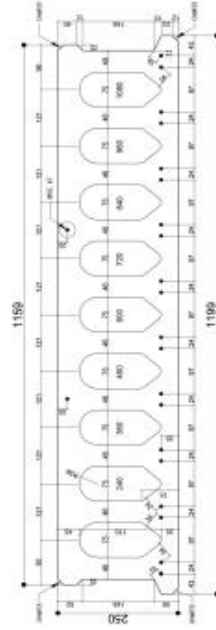
**PENAMPANG TEBAL 200 mm**



Type	Area (cm <sup>2</sup> )	Self Load (kg/m <sup>2</sup> )	Rongga
HCS 200	1.323,68	260	42,60%



**PENAMPANG TEBAL 250 mm**



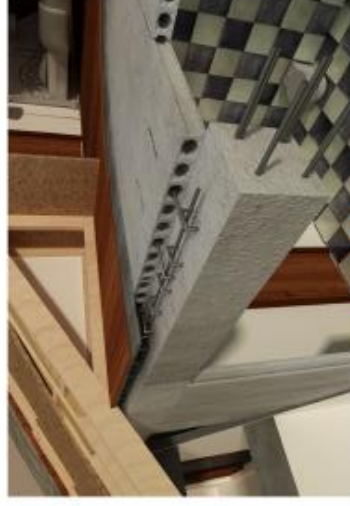
Type	Area (cm <sup>2</sup> )	Self Load (kg/m <sup>2</sup> )	Rongga
HCS 250	1.530,18	306	46,70%



### 1. Shear Connector

Untuk HCS dengan bentang lebih dari 3 meter, lubang joint dimasukkan besi D10 sebagai tulangan share connector.

### 2. Alternatif HCS Dengan Topping



### PERMUKAAN ATAS

Permukaan atas HCS dapat langsung dipasangi keramik.



### PEMASANGAN BERSIH DARI PERANCAH

Pemasangan bersih dari perancah atau scaffolding, sehingga lantai masih digunakan sebagai lantai kerja.



### PERMUKAAN BAWAH

Permukaan pelat bagian bawah expose dan dapat langsung digantungi saluran udara ataupun jalur listrik.







**LOAD CAPACITY OF HCS ( kg/m<sup>2</sup> )  
Without Topping**

DAYA DUKUNG MAXIMAL ( kg/m <sup>2</sup> ) (Netto, setelah dikurangi berat sendiri)																	
TIPE (l.d.n)																	
Bentang (m)	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
120.05.12	590,00	500,00	420,00														
120.05.14	690,00	585,00	500,00	425,00													
120.05.16	790,00	675,00	575,00	495,00													
150.05.12	905,00	775,00	665,00	570,00	490,00	425,00											
150.05.14	1.040,00	895,00	770,00	670,00	580,00	500,00	435,00	375,00									
150.05.16	1.180,00	1.015,00	880,00	765,00	665,00	580,00	510,00	445,00	385,00	340,00							
150.07.12	1.530,00	1.330,00	1.160,00	1.015,00	890,00	785,00	695,00	615,00	545,00	480,00	425,00	380,00					
150.07.14	1.800,00	1.565,00	1.370,00	1.205,00	1.060,00	940,00	835,00	731,66	643,00	569,74	506,49	452,28	405,53	365,01			
200.05.12	1.470,00	1.270,00	1.100,00	960,00	840,00	735,00	645,00	565,00	495,00	435,00	380,00	330,00					
200.05.14	1.670,00	1.445,00	1.255,00	1.100,00	965,00	850,00	745,00	660,00	580,00	515,00	455,00	400,00	350,00				
200.05.16	1.865,00	1.620,00	1.415,00	1.240,00	1.090,00	960,00	850,00	755,00	670,00	595,00	530,00	470,00	415,00	370,00	325,00		
200.07.12	2.370,00	2.065,00	1.810,00	1.595,00	1.415,00	1.255,00	1.120,00	1.000,00	895,00	800,00	720,00	645,00	580,00	520,00	470,00	420,00	375,00
200.07.14	2.755,00	2.410,00	2.120,00	1.870,00	1.660,00	1.480,00	1.325,00	1.185,00	1.065,00	960,00	865,00	780,00	705,00	640,00	580,00	525,00	475,00
200.07.16	3.145,00	2.750,00	2.425,00	2.145,00	1.910,00	1.705,00	1.525,00	1.375,00	1.235,00	1.120,00	1.010,00	915,00	835,00	755,00	690,00	625,00	570,00
250.07.12	3.240,00	2.830,00	2.490,00	2.200,00	1.955,00	1.745,00	1.560,00	1.400,00	1.255,00	1.135,00	1.025,00	925,00	835,00	755,00	685,00	620,00	565,00
250.07.14	3.740,00	3.275,00	2.885,00	2.555,00	2.275,00	2.035,00	1.825,00	1.640,00	1.480,00	1.340,00	1.215,00	1.100,00	1.000,00	910,00	830,00	755,00	690,00
250.07.16	4.245,00	3.720,00	3.285,00	2.915,00	2.595,00	2.325,00	2.090,00	1.885,00	1.705,00	1.545,00	1.405,00	1.275,00	1.165,00	1.065,00	970,00	890,00	815,00

t = tebal pelat (mm); d = diameter PC - WIRE (mm); n = jumlah PC - WIRE

**LOAD CAPACITY OF HCS ( kg/m<sup>2</sup> )  
With Topping = 50,00 mm + Wire Mesh M5-150**

DAYA DUKUNG MAXIMAL ( kg/m <sup>2</sup> ) (Netto, setelah dikurangi berat sendiri)																	
TIPE (l.d.n)																	
Bentang (m)	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
120.05.12	831,70	675,40	544,41	433,56	338,92												
120.05.14	999,10	823,68	676,68	522,27	446,05	354,64											
120.05.16	1.166,49	971,96	808,94	670,98	553,18	451,82	363,95										
150.05.12	1.220,89	1.022,24	855,78	714,90	594,61	491,10	401,38	323,11									
150.05.14	1.426,92	1.204,75	1.018,56	861,00	726,47	610,70	510,36	422,81	345,98								
150.05.16	1.632,95	1.387,25	1.181,35	1.007,10	858,33	730,30	619,33	522,52	437,55	362,57							
150.07.12	2.165,03	1.858,57	1.601,76	1.384,42	1.198,86	1.039,17	900,76	780,01	674,03	580,51	497,58	423,69					
150.07.14	2.568,84	2.216,28	1.920,83	1.670,78	1.457,3	1.273,59	1.114,35	975,43	853,50	745,92	650,5	565,50	489,43	421,10	359,49		
200.05.12	1.880,67	1.605,75	1.375,37	1.180,4	1.013,93	870,67	746,51	638,18	543,11	459,22	384,82	318,53					
200.05.14	2.150,64	1.844,89	1.588,68	1.371,84	1.186,71	1.027,39	889,3	768,82	663,09	569,79	487,05	413,33	347,37				
200.05.16	2.420,6	2.084,30	1.801,98	1.563,28	1.359,49	1.184,10	1.032,09	899,47	783,03	680,37	589,29	508,14	435,52	370,29	311,47		
200.07.12	3.112,45	2.696,88	2.348,63	2.053,90	1.802,27	1.585,72	1.398,02	1.234,28	1.090,56	963,75	851,29	751,09	661,43	580,89	508,26	442,55	382,91
200.07.14	3.641,58	3.165,59	2.766,71	2.429,13	2.140,91	1.892,88	1.677,9	1.490,34	1.325,73	1.180,48	1.051,67	936,90	834,21	742,95	658,77	583,51	515,19
200.07.16	4.053,03	3.590,23	3.184,79	2.804,36	2.479,56	2.200,04	1.957,77	1.746,40	1.560,90	1.397,22	1.252,05	1.122,71	1.006,99	903,02	809,28	724,46	647,47
250.07.12	4.087,93	3.557,85	3.113,63	2.737,68	2.416,71	2.140,49	1.901,07	1.692,20	1.508,89	1.347,13	1.203,67	1.075,86	961,49	858,76	766,12	682,30	606,22
250.07.14	4.741,06	4.136,40	3.629,68	3.200,84	2.834,71	2.519,63	2.246,53	2.008,27	1.799,16	1.614,65	1.451,01	1.305,22	1.174,76	1.057,57	951,90	856,29	769,50
250.07.16	5.394,19	4.714,95	4.145,73	3.664,00	3.252,71	2.898,77	2.591,98	2.324,34	2.089,44	1.882,17	1.698,35	1.534,57	1.388,03	1.256,38	1.137,68	1.030,27	932,78

t = tebal pelat (mm); d = diameter PC - WIRE (mm); n = jumlah PC - WIRE



# PC PILES

## DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

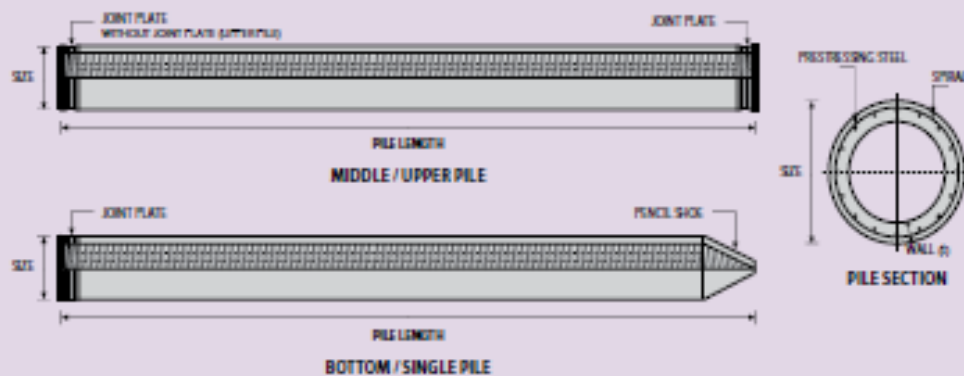
## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm <sup>2</sup> ) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



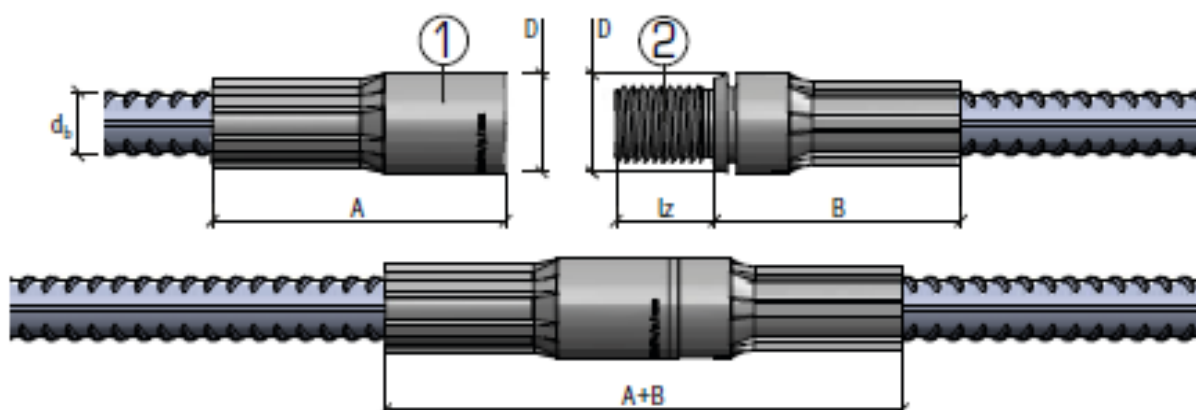
**MODIX® SM** (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

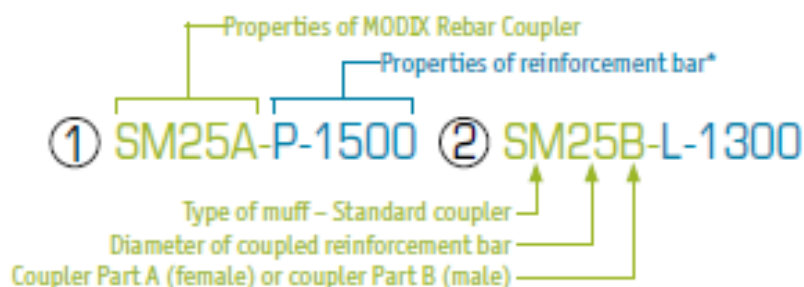


Coupler type	Bar Ø d <sub>s</sub> [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length l <sub>z</sub> [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green

- Part A and Part B can be ordered separately.



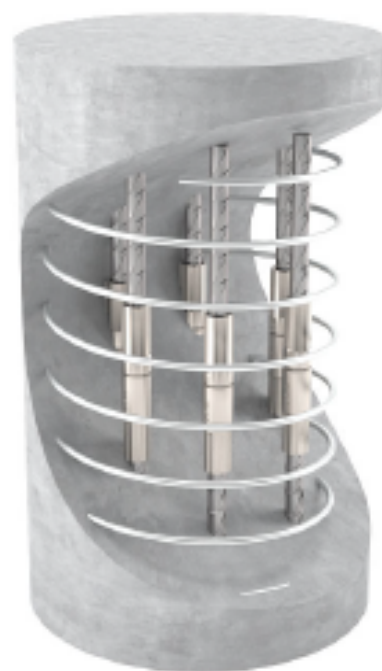
Example of a product code:



\* Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

**Application**

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.

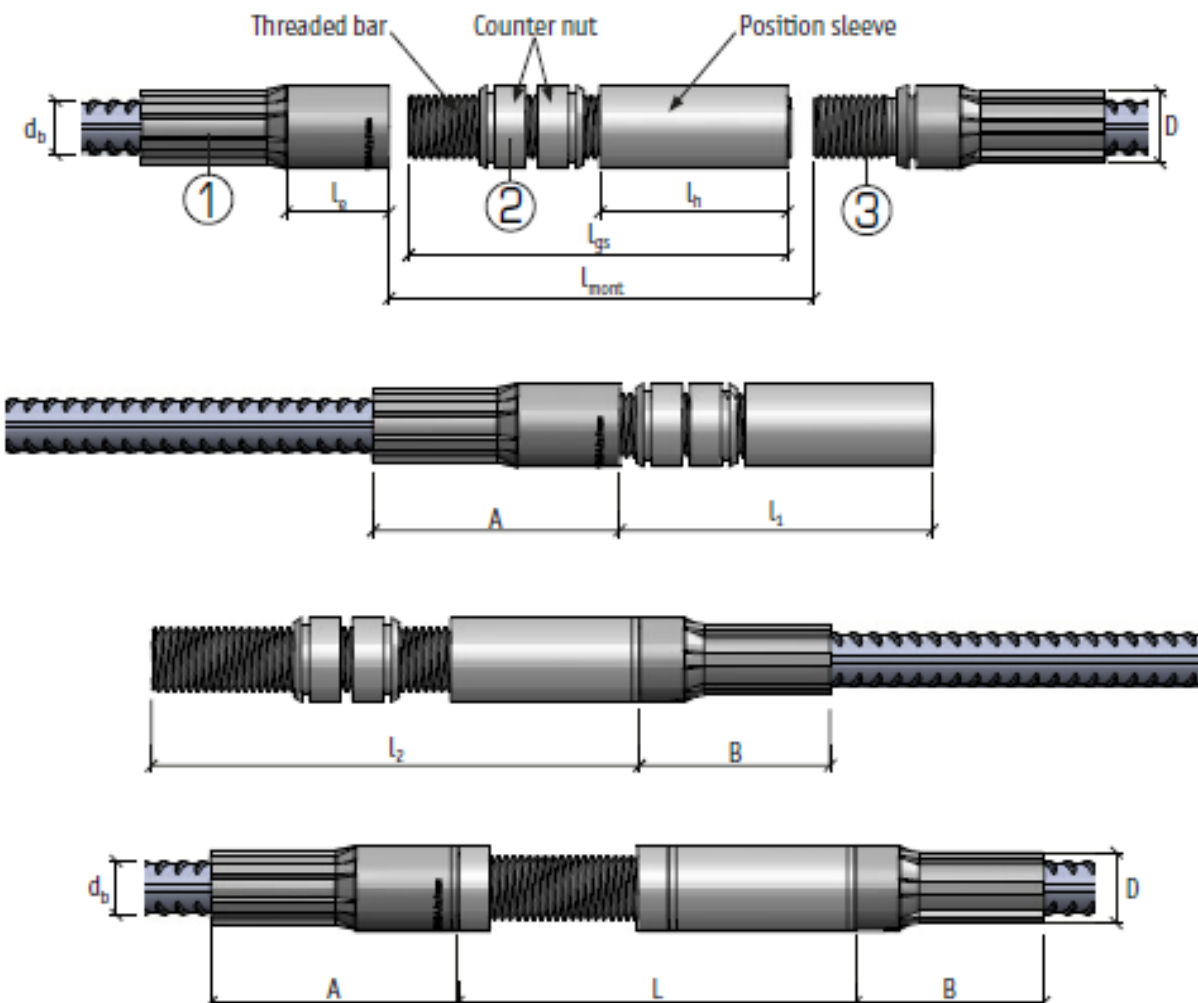


## MODIX® PM (Position Coupler)

- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar $\varnothing$ $d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing$ D [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A $l_a$	Length $l_1$	Length $l_2$	Length of position sleeve $l_s$	Length threaded bar $l_{th}$	Max. free spacing $l_{mort}$	Length L	ISO metric thread M	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green

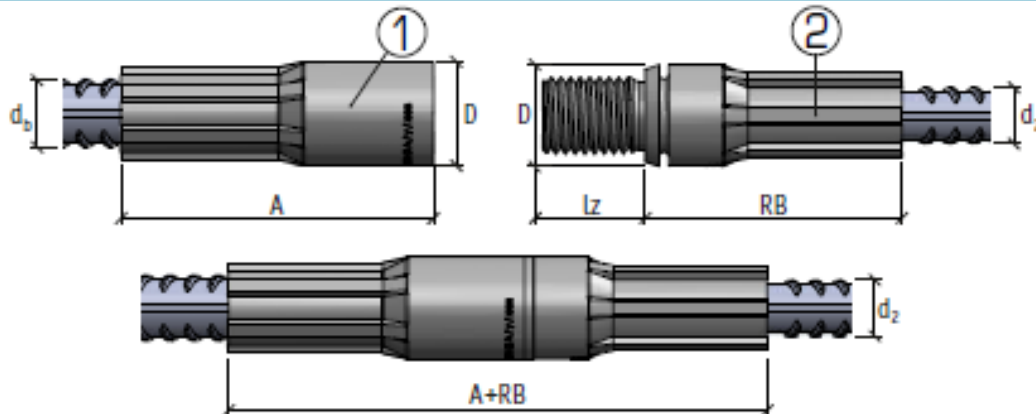


## MODIX® RM (Reduction Coupler)

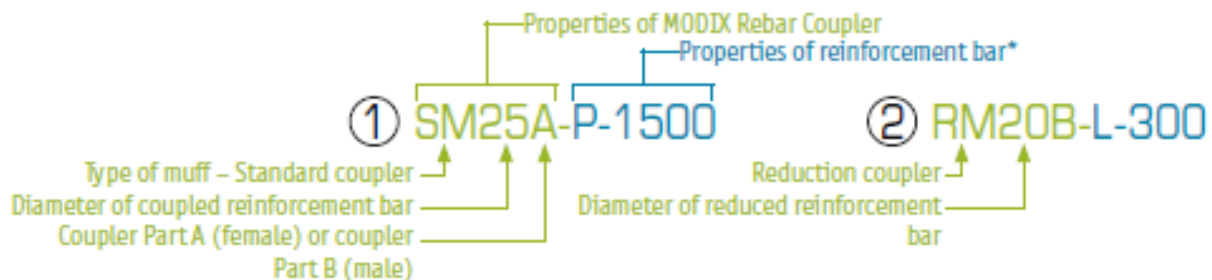
- For connecting bars with different diameters
- At least one bar can be moved axially and rotated



Coupler type	Bar $\phi d_b$ [mm]	Reduced bar $\phi d_2$ [mm]	Coupler $\phi D$ [mm]	Length Part A [mm]	Reduced Part length RB [mm]	Thread length $l_z$ [mm]	Parts A + RB fitted together [mm]	ISO metric thread M	Color of thread protector
RM12/10	12	10	21.0	63	52	21.2	113	M 16 x 2	Yellow
RM14/12	14	12	24.0	72	57	24.8	127	M 18 x 2.5	Blue
RM16/14	16	14	27.0	80	63	27.5	141	M 20 x 2.5	White
RM20/16	20	16	33.0	98	77	31.6	173	M 24 x 3	Gray
RM25/20	25	20	41.0	122	98	39.0	218	M 30 x 3.5	Red
RM28/25	28	25	47.0	141	111	46.0	250	M 36 x 4	Black
RM32/28	32	28	53.0	156	124	53.5	278	M 42 x 4.5	Brown
RM40/32	40	32	63.5	163	136	61.7	297	M 48 x 5.0	Green



Example of a product code:



\*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

### Combinations of bar diameters:

Only bars that are one size smaller in diameter can be connected (please refer to the table above, column "Coupler type"). MODIX Part B (male) is commonly used for reduction. If a MODIX Part A part is to be used as reduction, please specify this in the ordering list.

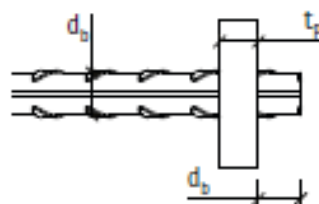
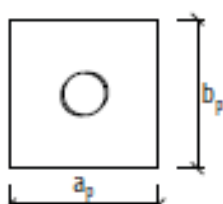
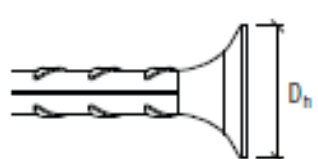
### Application

MODIX RM Reduction Couplers are used when the reinforcement bar diameter should be reduced by one size with full tension and compression capacity.

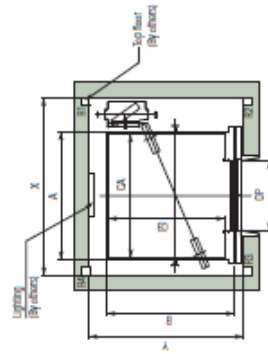
**NOTES**

1. The letter in the code describes the MODIX rebar end type (P, D, E, L) and the numbers describe the rebar bending shape according to EN ISO 3766.
2. The product code of MODIX rebar with no bending does not contain a bending shape.
3. The standard end plate (default) dimensions are shown in Table 4. Customized end plates can be produced if all necessary dimensions are provided on the ordering list. For customized end plates, Peikko takes no responsibility for the end plate design.

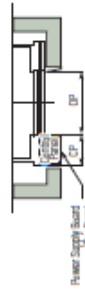
Table 4. Standard dimensions for anchor plates (E product shape) and anchor heads (L product shape).

End plate – Product shape E		Anchor head – Product shape L										
												
Bar Ø	$d_b$ [mm]	10	12	14	16	20	25	28	32	40		
Product shape E (end plate)												
Thickness of end plate	$t_p$ [mm]	10	12	15	20	20	25	30	35	40		
Length of end plate	$a_p$ [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140		
Width of end plate	$b_p$ [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140		
Product shape L (anchor head)												
Diameter of anchor head	$D_h$ [mm]	30	36	42	48	60	75	84	96	90		

Plan of Hoistway

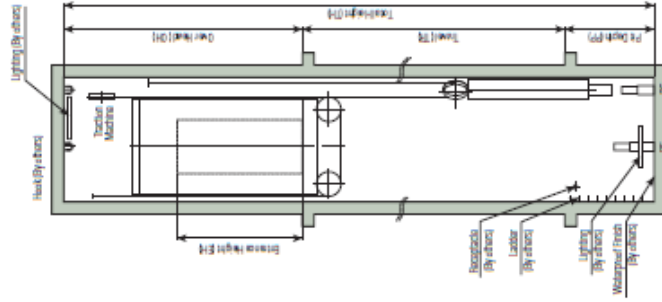


Floor without control panel



Floor with control panel

Section of Hoistway



- 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

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening Type	Car		Hoistway Size			M/C Room Reaction (kg)			Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg		CA x CB	A x B	X	Y	RT	R2	R3	R4	R5	R6	
1.0	8	550	2 Panel Center Open	1300 x 1100	1340 x 1285	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600	
	9	640		1300 x 1190	1340 x 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600	
	10	700		1300 x 1300	1340 x 1435	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600	
	11	750		1300 x 1400	1340 x 1535	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700	
	13	900		1600 x 1300	1640 x 1595	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900	
	15	1000		1600 x 1400	1640 x 1585	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000	
1.75	17	1150	2 Panel Center Open	1800 x 1400	1900 x 1570	2400	2100	6300	3400	2100	900	13500	2500	
	20	1350		1800 x 1600	1900 x 1770	2450	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000	
	24	1600		2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	27	1750		2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8400	4300	2900	1300	16700	2800	
	30	2000		2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300	
	38	2500		2300 x 2100	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700	
2.0	13	900	2 Panel Center Open	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	15	1000		1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2300	900	11800	2500	
	20	1350		1800 x 1400	1900 x 1870	2700	2400	8200	4200	2300	900	14200	2700	
	24	1600		2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	
	13	900		1600 x 1350	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	15	1000		1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2250	6100	3900	2300	900	11800	2500	
2.5	17	1150	2 Panel Center Open	1800 x 1400	1900 x 1870	2700	2400	8200	4200	2300	900	14200	2700	
	20	1350		1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2400	1200	16500	3100	
	24	1600		2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	
	27	1750		2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8400	4300	2900	1300	19800	3700	
	30	2000		2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	24000	4000	
	38	2500		2300 x 2100	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	28000	4700	

EN81 Standard

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening Type	Car		Hoistway Size			M/C Room Reaction (kg)			Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg		CA x CB	A x B	X	Y	RT	R2	R3	R4	R5	R6	
1.0	7	550	2 Panel Center Open	1300 x 1100	1340 x 1285	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600	
	8	630		1300 x 1190	1340 x 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600	
	9	700		1300 x 1300	1340 x 1435	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600	
	10	800		1300 x 1400	1340 x 1535	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700	
	12	900		1600 x 1300	1640 x 1435	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900	
	13	1000		1600 x 1400	1640 x 1535	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000	
1.75	15	1150	2 Panel Center Open	1800 x 1400	1900 x 1570	2400	2100	6300	3400	2100	900	13500	2500	
	18	1350		1800 x 1600	1900 x 1770	2450	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000	
	21	1600		2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	23	1750		2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8400	4300	2900	1300	16700	2800	
	26	2000		2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300	
	33	2500		2300 x 2100	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700	
2.0	12	900	2 Panel Center Open	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	13	1000		1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2300	900	11800	2500	
	15	1150		1800 x 1400	1900 x 1870	2700	2400	8200	4200	2300	900	14200	2700	
	18	1350		2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	
	21	1600		2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	23	1750		2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8400	4300	2900	1300	16700	2800	
2.5	13	1000	2 Panel Center Open	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2300	900	11800	2500	
	15	1150		1800 x 1400	1900 x 1870	2700	2400	8200	4200	2300	900	14200	2700	
	18	1350		2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	
	21	1600		2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	23	1750		2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8400	4300	2900	1300	16700	2800	
	33	2500		2300 x 2100	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700	

Overhead & Pit Depth

Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH)		Pit Depth (PP)	Control Panel (CP)*
		2 Panel Center Open	2 Panel Slide Open		
550 ~ 1150	1.0	3800	4300	1500	530
	1.5	3900	4400	1800	
	1.75	4000	4500	2100	
900 ~ 1190	2.0	4300	4800	2200	530
	2.5	5100	5400	2400	
	3.0	5600	5900	2600	
1350 ~ 1600	1.0	4200	4700	1900	530
	1.5	4300	4800	1800	
	1.75	4500	5000	2100	
1750 ~ 2000	2.0	4800	5300	2200	630
	2.5	5100	5600	2400	
	3.0	5600	6100	2600	
2200 ~ 2500	1.0	4400	4900	1750	630
	1.5	4500	5000	1900	
	1.75	4600	5100	2100	
2200 ~ 2500	1.0	5000	5500	1750	630
	1.5	5100	5600	1900	
	1.75	5300	5800	2100	



Table 2. Dimensions of SRA/WAL/TF/SRASW inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions						SRA	WAL	TF Short	TF Long	SRASW
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Ød <sub>1</sub> [mm]	ØD1 [mm]	g [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]
12	12	15.0	22	8	24		195	135	100	150	
14	14	18.0	25	10	30		235	170	105	155	
16	16	21.0	27	12	36		275	215	130	175	
18	18	24.0	34	14	42		305	235	150	225	
20	20	27.0	35	14	42	50	360	270	180	250	605
24	24	31.0	43	16	48	60	400	350	200	275	715
30	30	40.0	56	20	60	60	505	450	275	350	850
36	36	47.0	68	25	75	70	690	570	335	450	1100
42	42	54.0	80	28	84	70	840	620	385	500	1250
52	52	67.0	100	32	96	70	950	880	550	700	1500

Cross-hole inserts, such as CSA or ESA, can cover more individual geometry. Thanks to their short length, they can be utilized in a wide range of elements. Additional rebar is needed and can easily be installed. Figure 9 and Table 3 show the dimensions of these products.

Figure 9. CSA and ESA insert types.

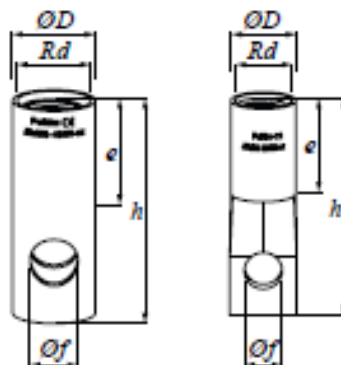



Table 3. Dimensions of CSA/ESA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions				CSA	ESA
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øf [mm]	h [mm]	h [mm]
12	12	15.0	22	8.0	40	60
14	14	18.0	25	10.5	47	70
16	16	21.0	27	13.0	54	77
18	18	24.0	34	13.0	65	85
20	20	27.0	35	15.5	67	92
24	24	31.0	43	18.0	77	100
30	30	40.0	56	22.5	105	
36	36	47.0	68	27.5	125	
42	42	54.0	80	32.0	145	
52	52	67.0	100	40.0	195	

The safe working load (SWL) capacities are based on specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting the insert, take note of the selection assumptions in this manual.

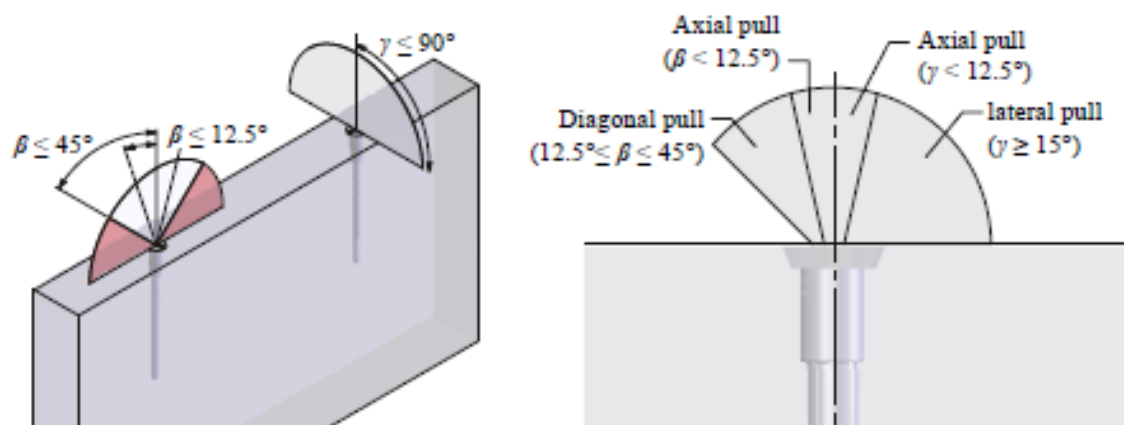
**The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15MPa.**  Min 15MPa

The safe working loads (SWL) of JENKA Long Inserts are shown in *Table 6*. Take care to select inserts that are suitable for the planned load directions. *Figure 10* illustrates the load directions related to this table.

*Table 6. Safe working load (SWL) for JENKA Long Inserts.*

Item No. JRd/JM	Load Class	SRA, WAL, TF, ESA, CSA, SWL for $\beta$ of 0-45° [kN]	SRA, WAL, TF SWL for $\gamma$ of 90° [kN]	SRASW SWL for $\beta$ 0-30° [kN]
12	500	5	2.5	
14	800	8	4	
16	1200	12	6	
18	1600	16	8	
20	2000	20	10	20
24	2500	25	12.5	25
30	4000	40	20	40
36	6300	63	31.5	63
42	8000	80	40	80
52	12500	125	62.5	125

*Figure 10. Load directions for JENKA Long Inserts.*



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° and lateral pull resulting from tilting up is only permitted with additional reinforcement according to the following section.









**REKAP HASIL TEST**

**KLIEN** : PT. PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)  
**PROYEK** : JALAN TOL SURABAYA - GRESIK  
**LOKASI** : KM 7 + 100

**POINT** : BH-1  
**MASTER BOR** : HARNO  
**DATE** : 21 DESEMBER 2012

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRY								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-8.00	2.632	1.435	97.230	53.01	58.93	1.654	1.081	1.670	1.31	0.92	8.85E-04
-16.00	2.739	1.378	100.000	50.31	57.95	1.731	1.152	1.731	1.07	0.81	8.12E-04
-24.00	2.714	1.314	100.000	48.42	56.78	1.741	1.173	1.741	*	*	*
-32.00	2.679	1.275	100.000	47.59	56.04	1.738	1.178	1.738	*	*	*
-39.00	2.742	1.328	100.000	48.43	57.04	1.748	1.178	1.748	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITAS
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	$\phi$	C	Cu	
-8.00	0.00	8.34	91.66	64.66	31.84	32.82	0	*	0.060	*
-16.00	0.00	23.33	76.67	50.91	29.65	21.26	0	*	0.124	*
-24.00	0.00	6.68	93.32	64.64	33.19	31.45	0	*	0.857	*
-32.00	0.00	84.91	15.09	NP	NP	NP	38	0	*	*
-39.00	0.00	6.13	93.87	64.48	34.21	30.27	0	*	0.133	*

**REMARK**

G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	$\phi$	= Angle of internal friction (degree)
S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C	= Cohession (kg/cm <sup>2</sup> )
S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	Cu	= Cohession Undrained (kg/cm <sup>2</sup> )
Gs	= Specific Gravity	W <sub>c</sub>	= Water content (%)	$\gamma_{sat}$	= Saturated density (gr/cc)
e	= Void ratio	n	= Porosity (%)	$\gamma_d$	= Dry density (gr/cc)
Sr	= Degree of saturation (%)	$\gamma_t$	= Wet density (gr/cc)		
Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )				
Cc	= Commpression Index				
Cv	= Compression of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)				
*	= Not test				



# 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

**TABEL**  
**DAYA DUKUNG PONDASI TIANG DIAMETER 40 cm**  
**BERDASARKAN DATA SONDIR**

KLIEN : PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)

TITIK : S-1

PROYEK : PEMBANGUNAN JALAN TOL SURABAYA - GRESIK

TANGGAL : 14 DESEMBER 2012

LOKASI : SURABAYA - GRESIK KM 7 + 100

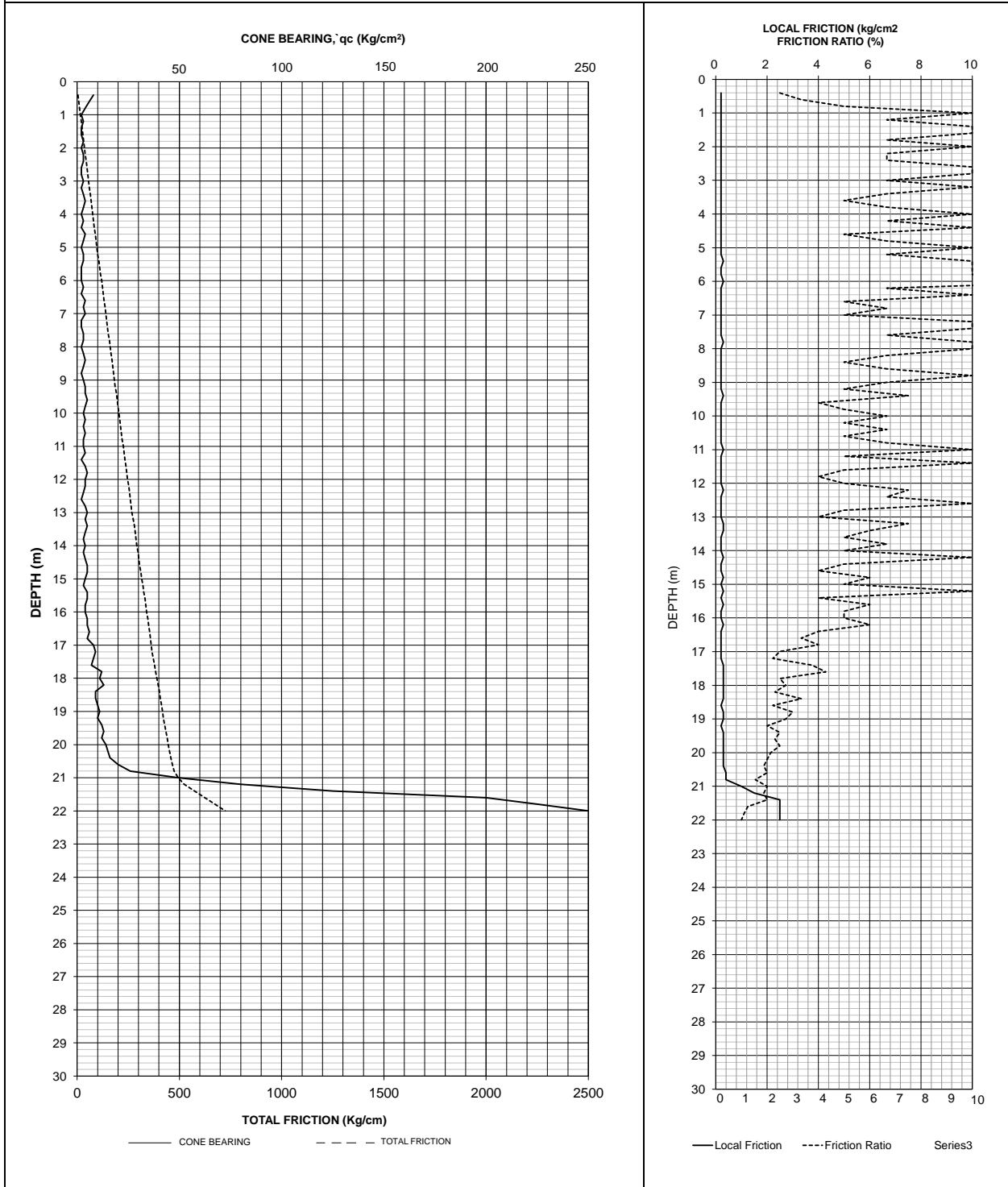
CHECKED BY : Ir. GANI MT

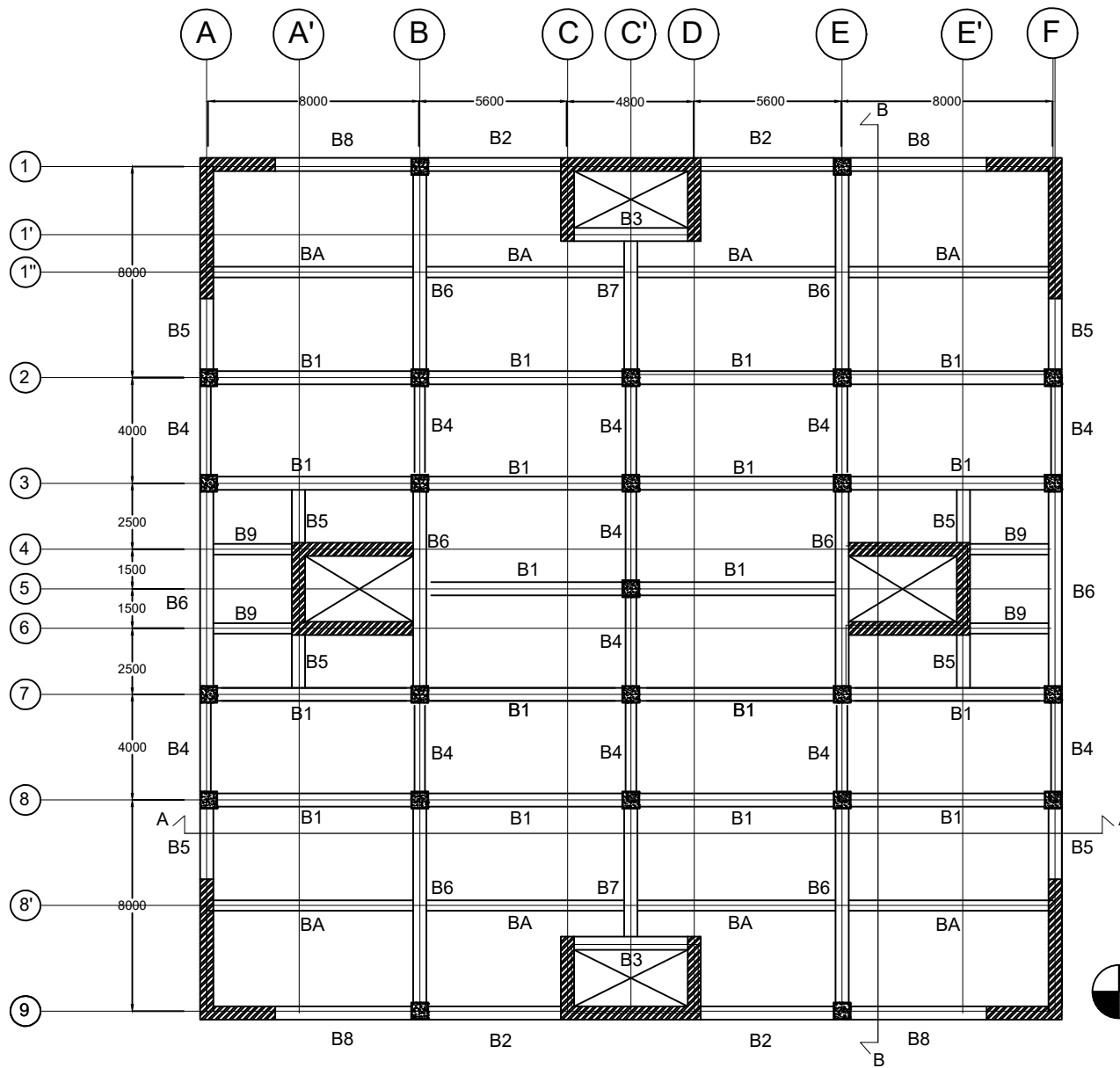
KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	Qp.= Qujung (kg)	Qs1 = Qs(0..8D) kg	Qs2 = Qs(8D..L) kg	$\Sigma Q_s = Qs1 + Qs2$ (Qs1+Qs2) kg	P <sub>ijin</sub> satu tiang (ton)  P <sub>ijin</sub> = (b+e)/3
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	2.00	2,901.93	4,581.07	2,171.77	6,752.84	3.22
5.00	2.00	2,903.99	4,581.07	4,886.48	9,467.55	4.12
6.00	2.00	3,008.65	4,581.07	8,012.67	12,593.74	5.20
7.00	2.00	2,921.43	4,581.07	10,727.38	15,308.45	6.08
8.00	2.00	2,659.76	4,581.07	13,647.83	18,228.90	6.96
9.00	3.00	3,435.53	4,581.07	14,653.54	19,234.61	7.56
10.00	3.00	3,768.00	4,581.07	15,759.83	20,340.90	8.04
11.00	3.00	3,952.71	4,581.07	16,866.11	21,447.18	8.47
12.00	4.00	4,765.41	4,581.07	17,871.83	22,452.90	9.07
13.00	5.00	5,393.41	4,581.07	18,978.11	23,559.18	9.65
14.00	4.00	4,839.29	4,581.07	20,184.97	24,766.04	9.87
15.00	4.00	5,024.00	4,581.07	21,391.83	25,972.90	10.33
16.00	4.00	5,134.82	4,581.07	22,598.68	27,179.76	10.77
17.00	8.00	7,905.41	4,581.07	23,704.97	28,286.04	12.06
18.00	11.00	10,823.76	4,581.07	25,112.97	29,694.04	13.51
19.00	11.00	11,932.00	4,581.07	26,520.97	31,102.04	14.34
20.00	14.00	15,182.82	4,581.07	27,928.97	32,510.04	15.90
21.00	50.00	41,115.53	4,581.07	30,342.68	34,923.76	25.35
22.00	166.67	138,430.90	4,581.07	41,908.40	46,489.47	61.64



### Cone Penetrometer Test (CPT)

<b>KLIEN</b>	<b>:</b>	<b>PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)</b>	<b>Master Sondir</b>	<b>:</b>	<b>HARNO</b>
<b>PROYEK</b>	<b>:</b>	<b>PEMBANGUNAN JALAN TOL SURABAYA - GRESIK</b>	<b>Tanggal</b>	<b>:</b>	<b>14 DESEMBER 2012</b>
<b>Titik</b>	<b>:</b>	<b>S-1</b>			
<b>Lokasi</b>	<b>:</b>	<b>SURABAYA - GRESIK KM 7 + 100</b>			





No.	Keterangan	
1	B11	500 x 750
2	B12	500 x 750
3	B13	400 x 600
4	B14	400 x 600
5	B15	500 x 750
6	B16	500 x 750
7	B17	500 x 750
8	B18	500 x 750
9	B19	500 x 750
10	B10	500 x 750
11	BA1	400 x 550



DENAH PEMBALOKAN

SKALA 1 : 250



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Denah Pembalokan

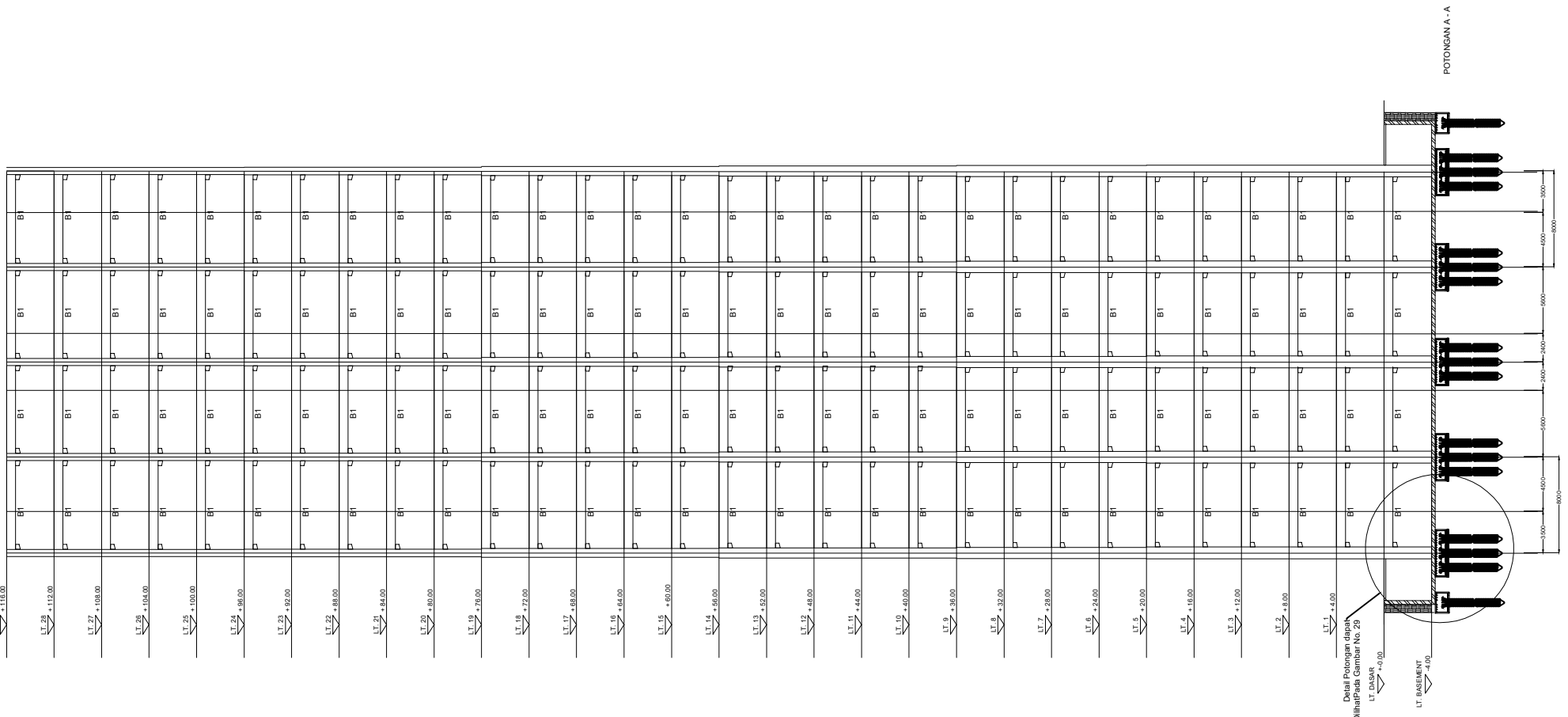
1 : 250

1

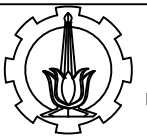
29

Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)

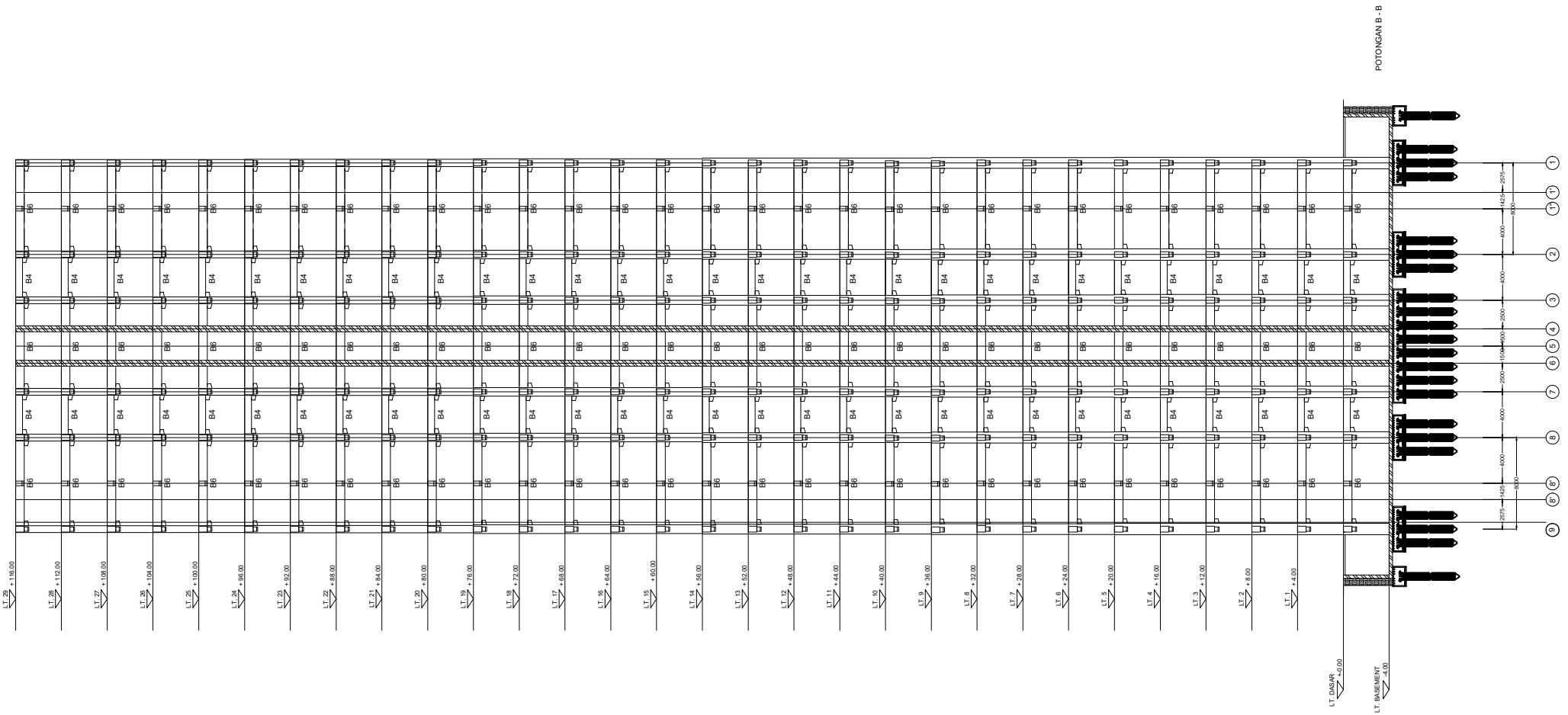


(A) (A') (B) (C) (C') (D) (E) (E') (F)



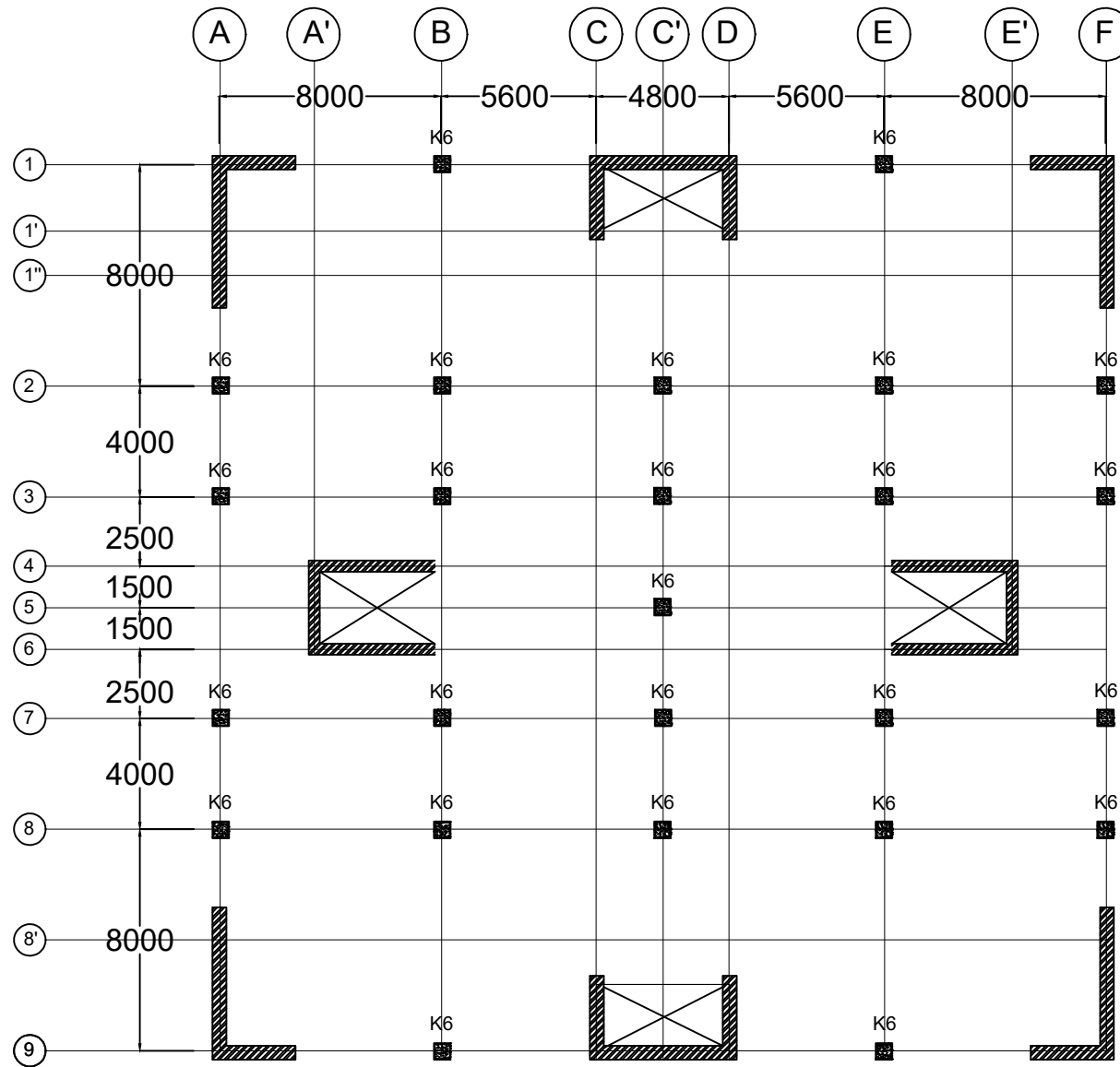
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	POTONGAN A - A	1 : 40	2	29	Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	POTONGAN B - B	1 : 40	3	29	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



No.	Keterangan	
1	K1	1000 X 1000
2	K2	950 x 950
3	K3	850 x 850
4	K4	750 x 750
5	K5	650 x 650
6	K6	600 x 600



**DENAH KOLOM LANTAI 25-ATAP**

**SKALA 1:250**

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Denah Kolom  
lantai 25-Atap

1 : 250

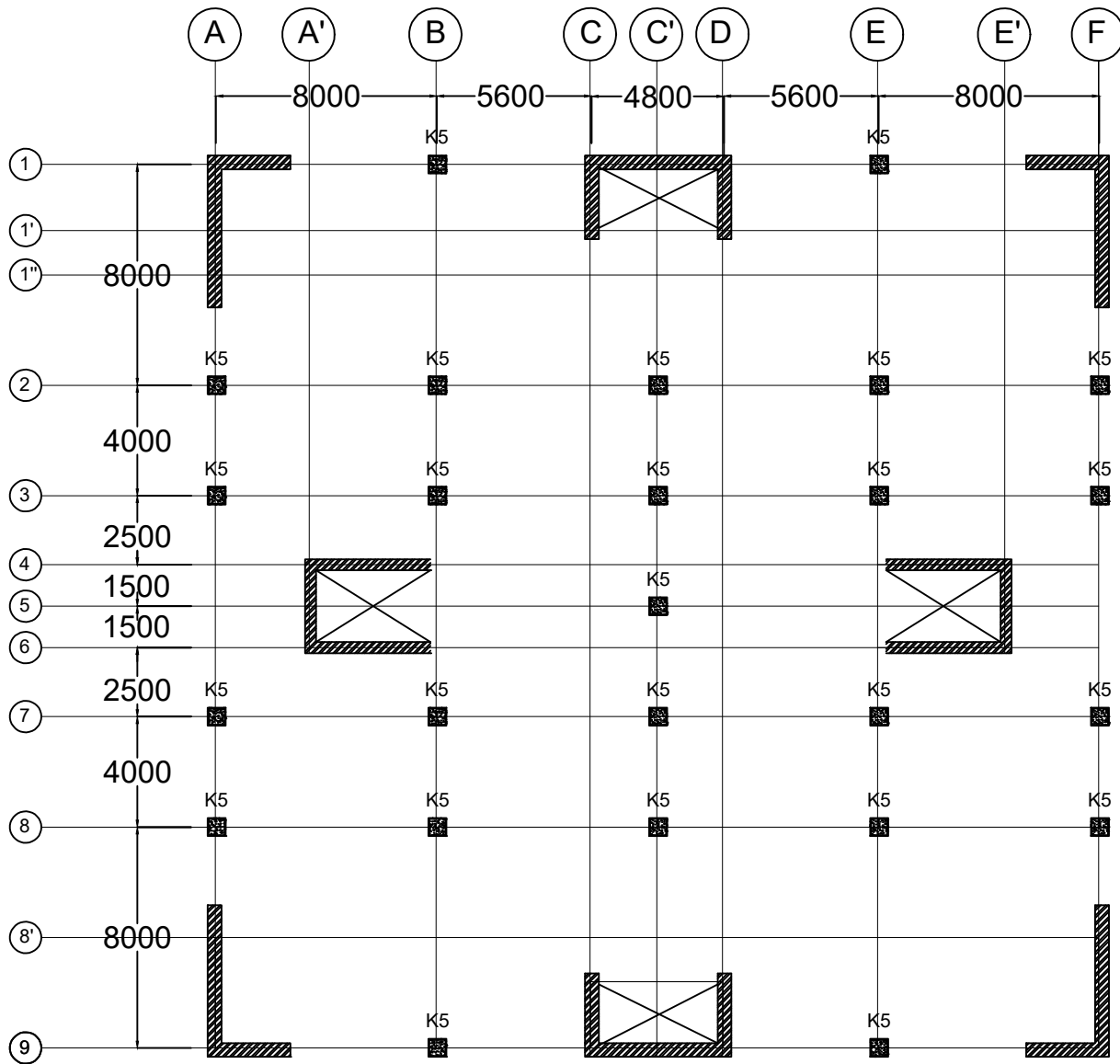
4

50

Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)





No.	Keterangan	
1	K1	1000 X 1000
2	K2	950 x 950
3	K3	850 x 850
4	K4	750 x 750
5	K5	650 x 650
6	K6	600 x 600



**DENAH KOLOM LANTAI 20-24**

**SKALA 1:250**

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Denah Kolom  
lantai 20-24

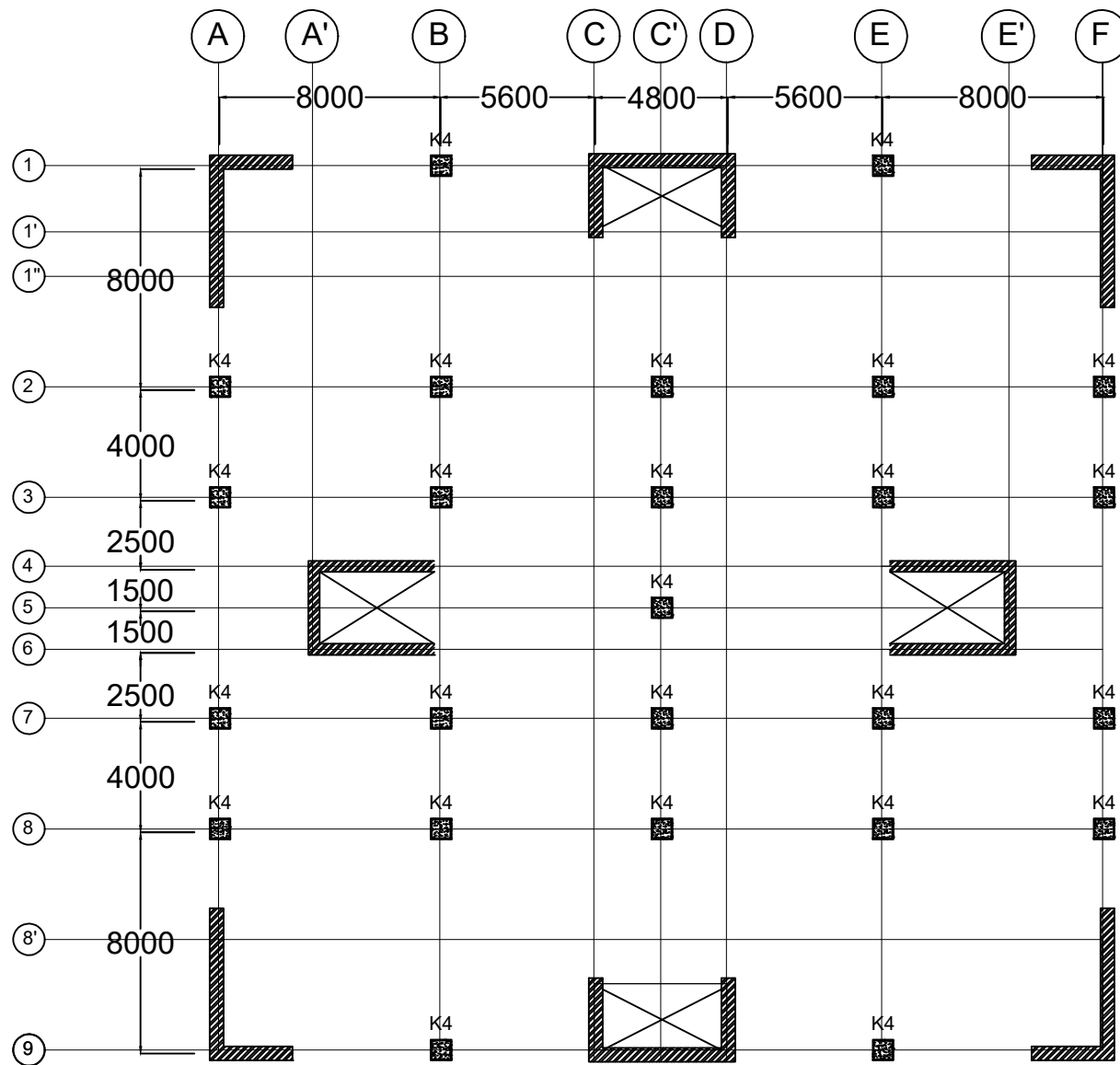
1 : 250

5

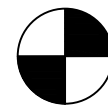
50

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)



No.	Keterangan	
1	K1	1000 X 1000
2	K2	950 x 950
3	K3	850 x 850
4	K4	750 x 750
5	K5	650 x 650
6	K6	600 x 600



DENAH KOLOM LANTAI 15-19

SKALA 1:250

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Tugas Akhir

Nama Gambar

Denah Kolom  
lantai 15-19

Skala

1 : 250

No. Lembar

6

Jml Lembar

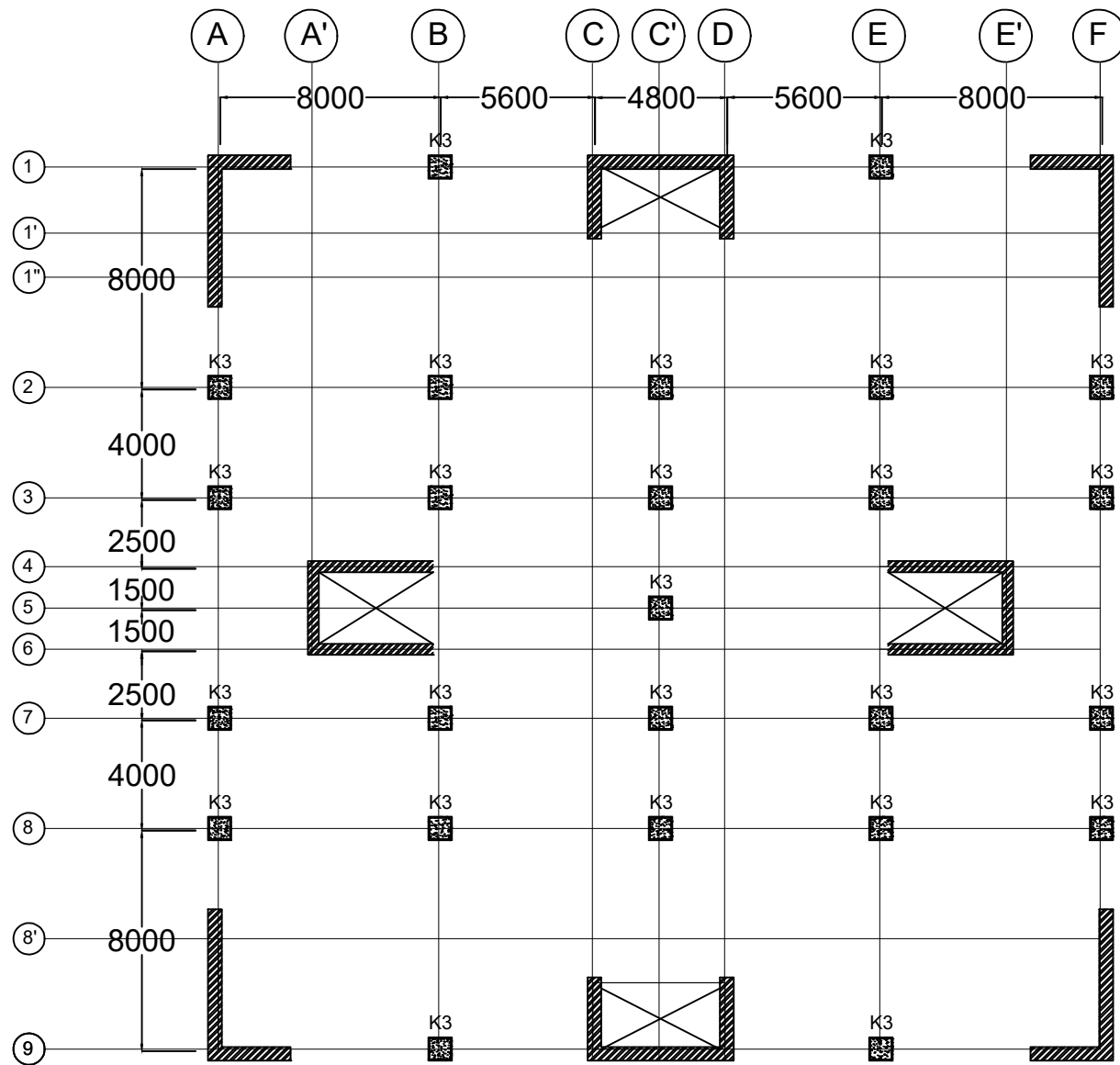
50

Dosen pembimbing

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Nama & Nrp Mahasiswa

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)



No.	Keterangan	
1	K1	1000 X 1000
2	K2	950 x 950
3	K3	850 x 850
4	K4	750 x 750
5	K5	650 x 650
6	K6	600 x 600



### DENAH KOLOM LANTAI 10-14

SKALA 1:250

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Denah Kolom  
 lantai 10-14

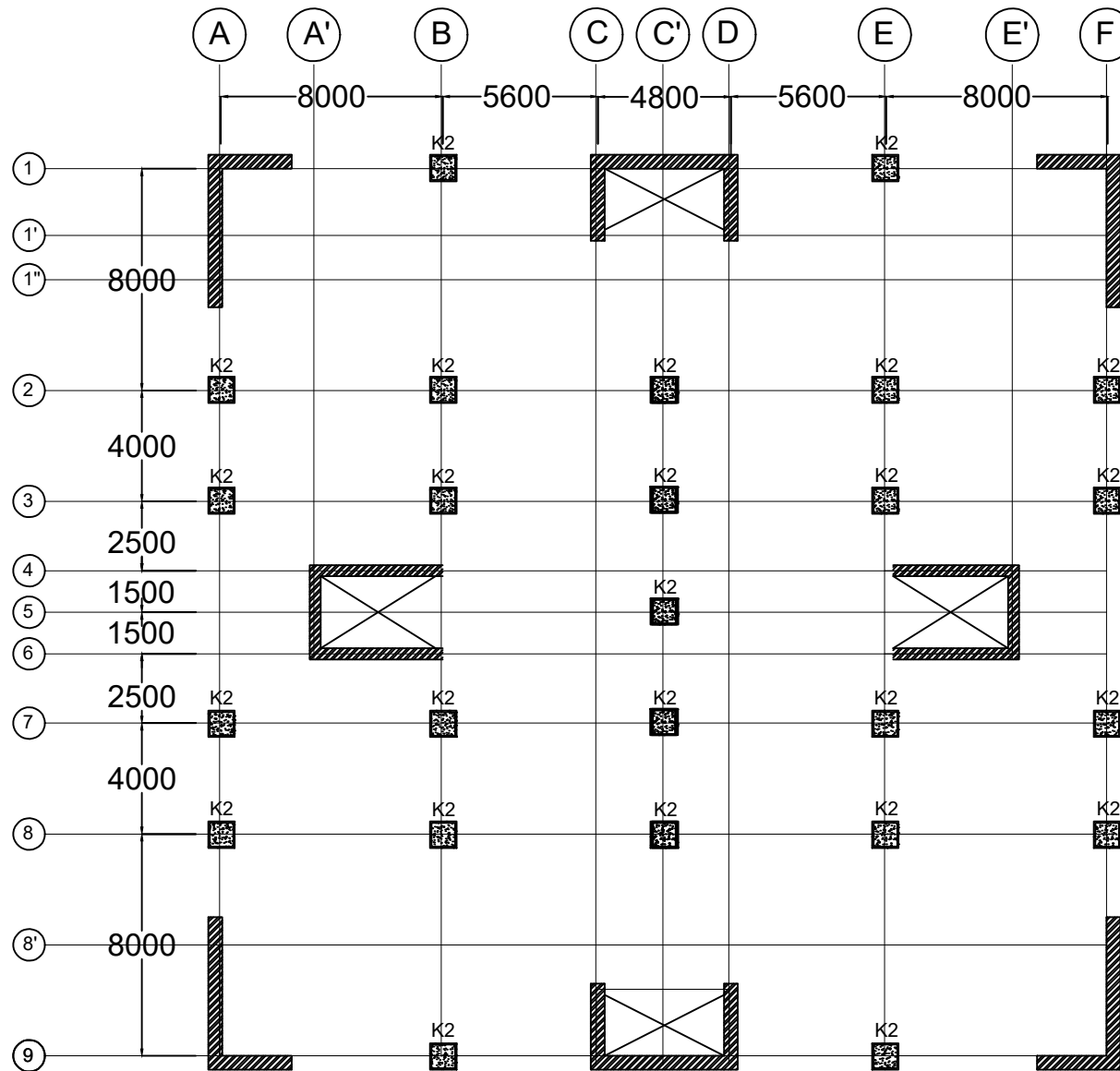
1 : 250

7

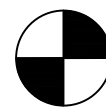
50

Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)



No.	Keterangan	
1	K1	1000 X 1000
2	K2	950 x 950
3	K3	850 x 850
4	K4	750 x 750
5	K5	650 x 650
6	K6	600 x 600



**DENAH KOLOM LANTAI 5-9**

**SKALA 1:250**

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Denah Kolom  
lantai 5-9

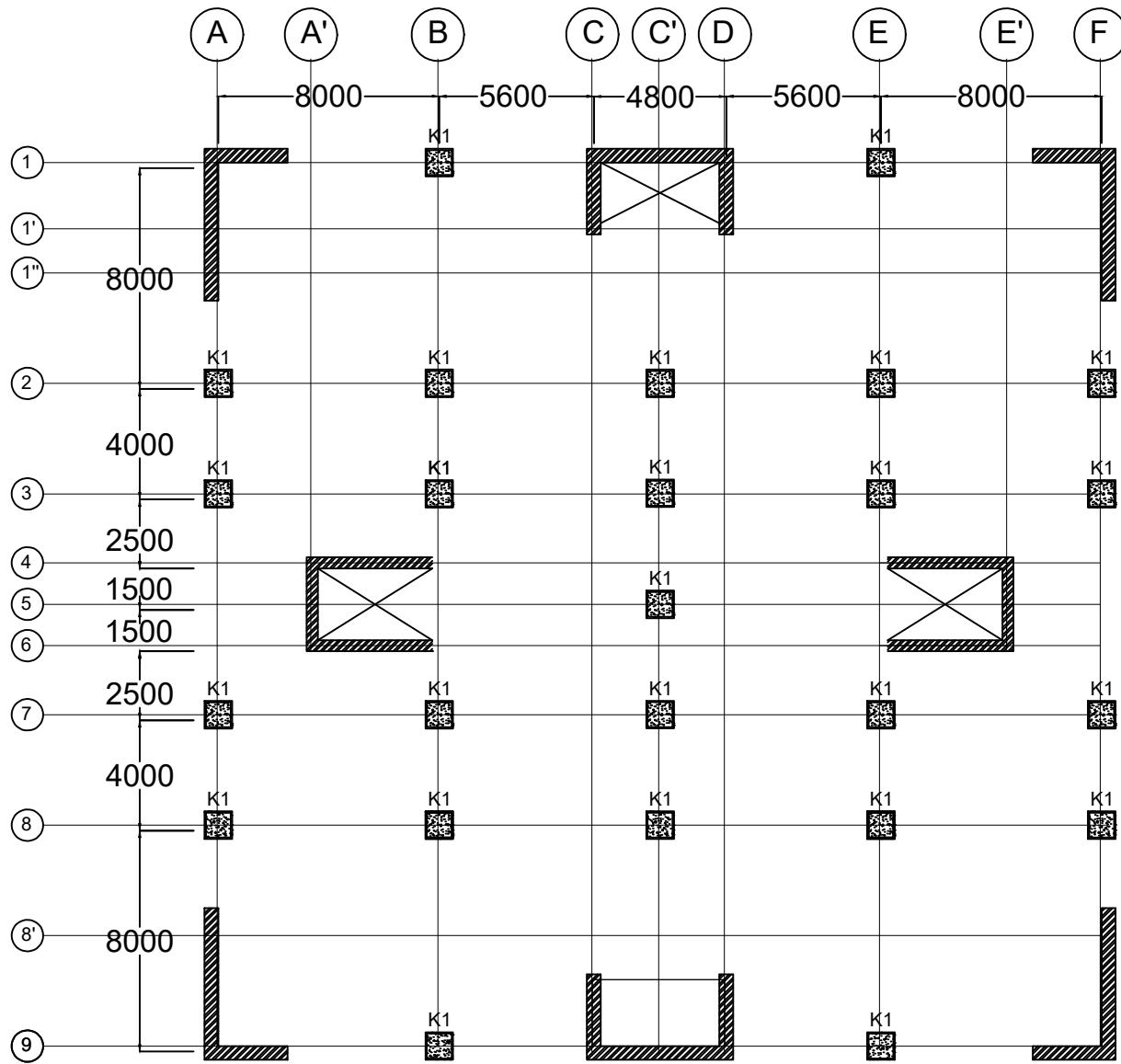
1 : 250

8

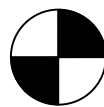
50

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)



No.	Keterangan
1	K1 1000 X 1000
2	K2 950 x 950
3	K3 850 x 850
4	K4 750 x 750
5	K5 650 x 650
6	K6 600 x 600



## DENAH KOLOM LANTAI BASEMENT - 4

SKALA 1:

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Denah Kolom  
lantai 4- Basement

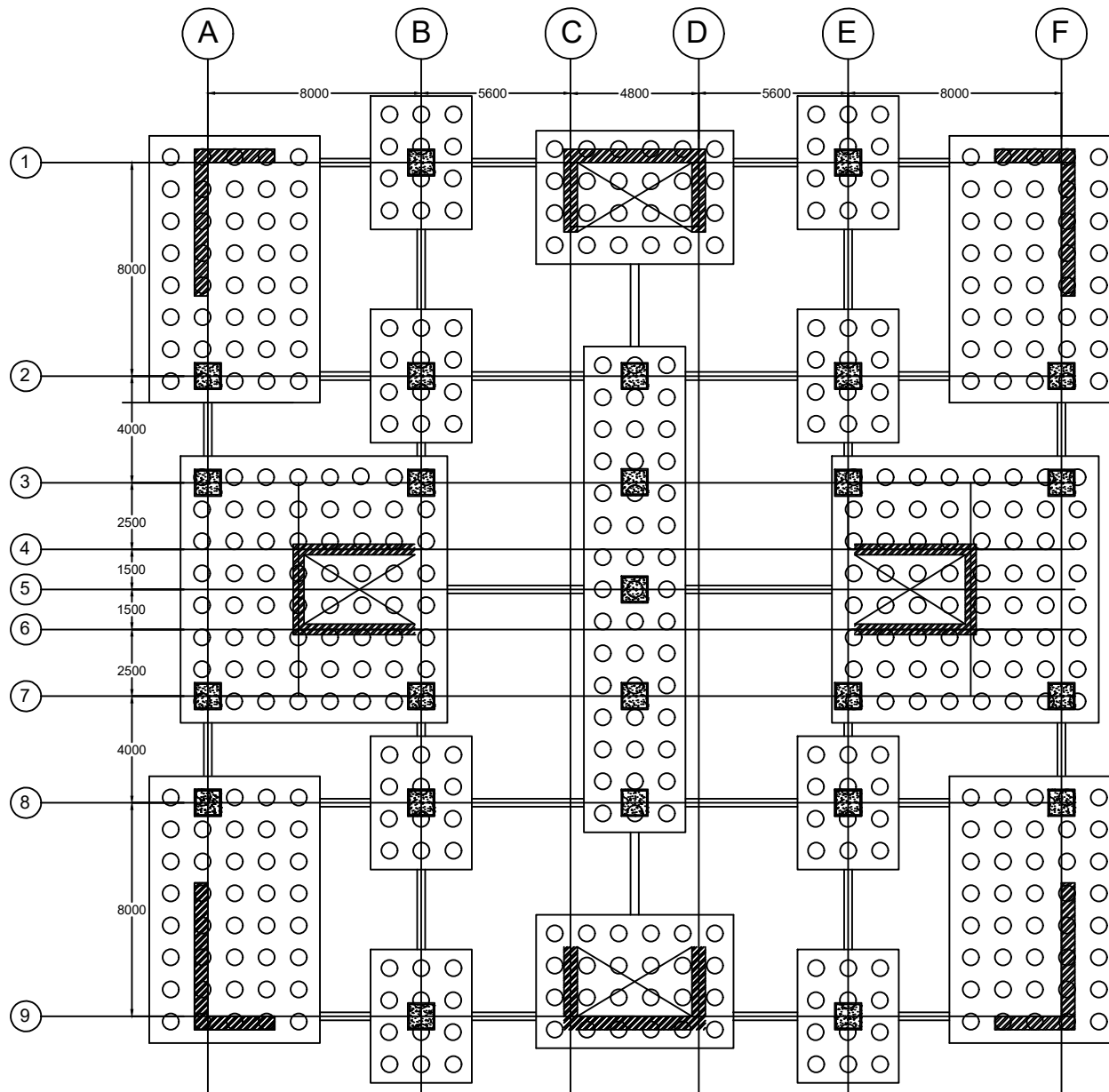
1 : 250

9

50

Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)



**DENAH PONDASI**

**SKALA 1:250**

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Denah Pondasi

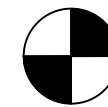
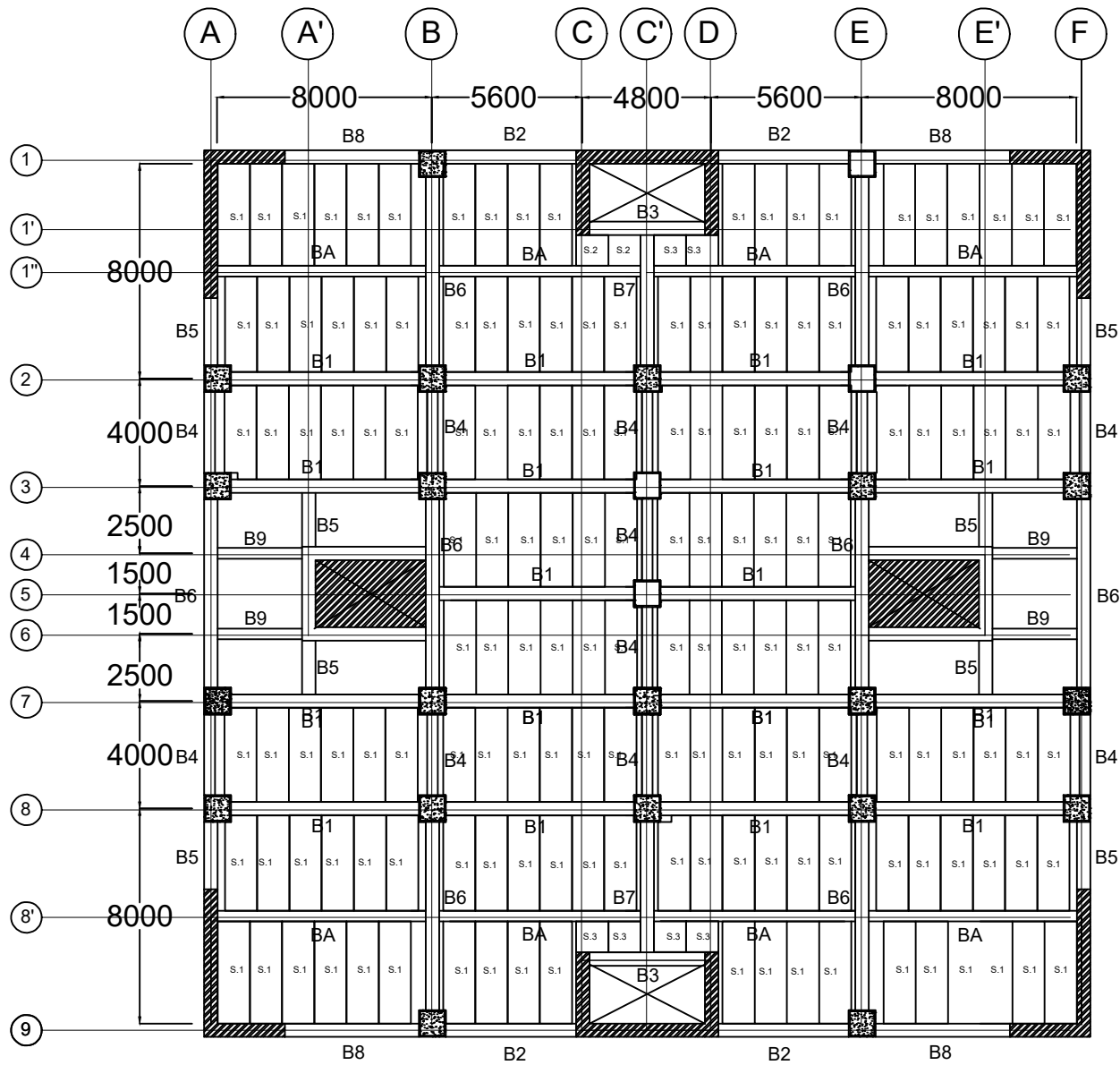
1 : 250

10

50

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)



**DENAH PELAT**

**SKALA 1:250**

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

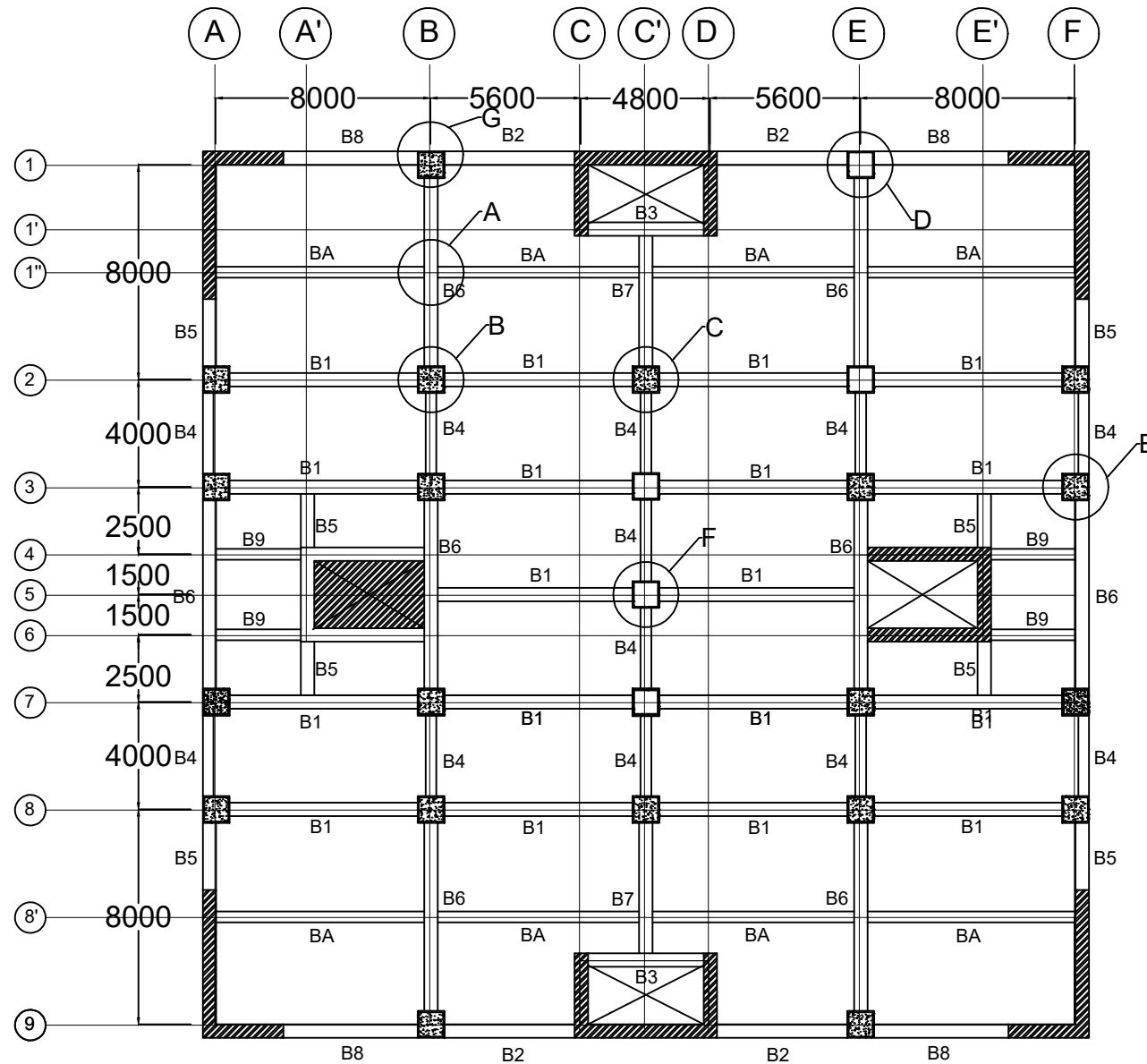
Tugas Akhir

Denah Pelat


1 : 250

Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)

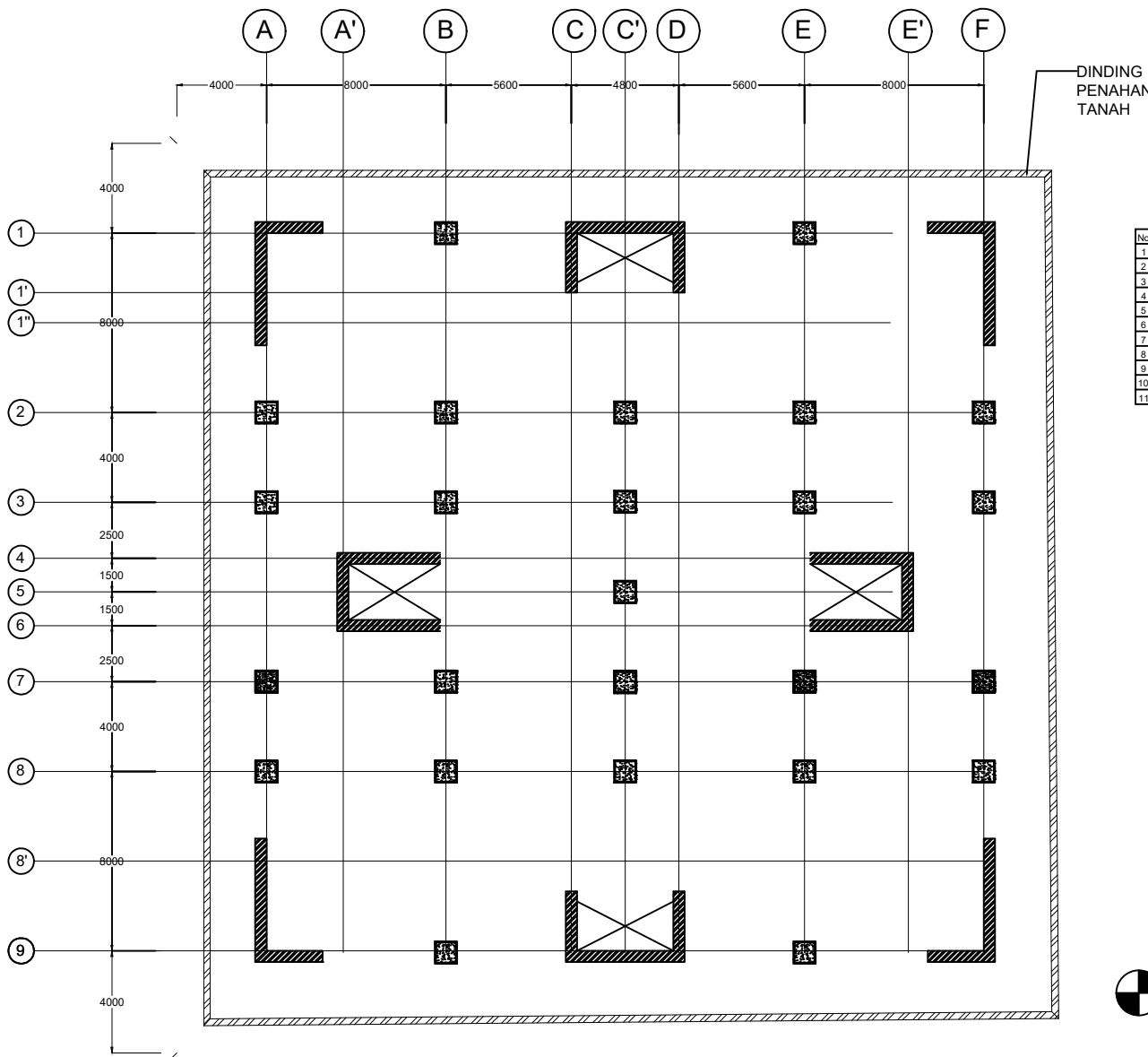


NO	SIMBOL	KETERANGAN
1.	A	SAMBUNGAN BALOK INDUK-BALOK ANAK
2.	B	SAMBUNGAN B11 - K1 - B11
3.	C	SAMBUNGAN B17 - K1 - B14
4.	D	SAMBUNGAN B16 - K1
5.	E	SAMBUNGAN B14 - K1 - B16
6.	F	SAMBUNGAN B14 - K1 - B14
7.	G	SAMBUNGAN B18 - SW



**DENAH SAMBUNGAN**  
 SKALA 1 : 250  
 Satuan gambar dalam mm







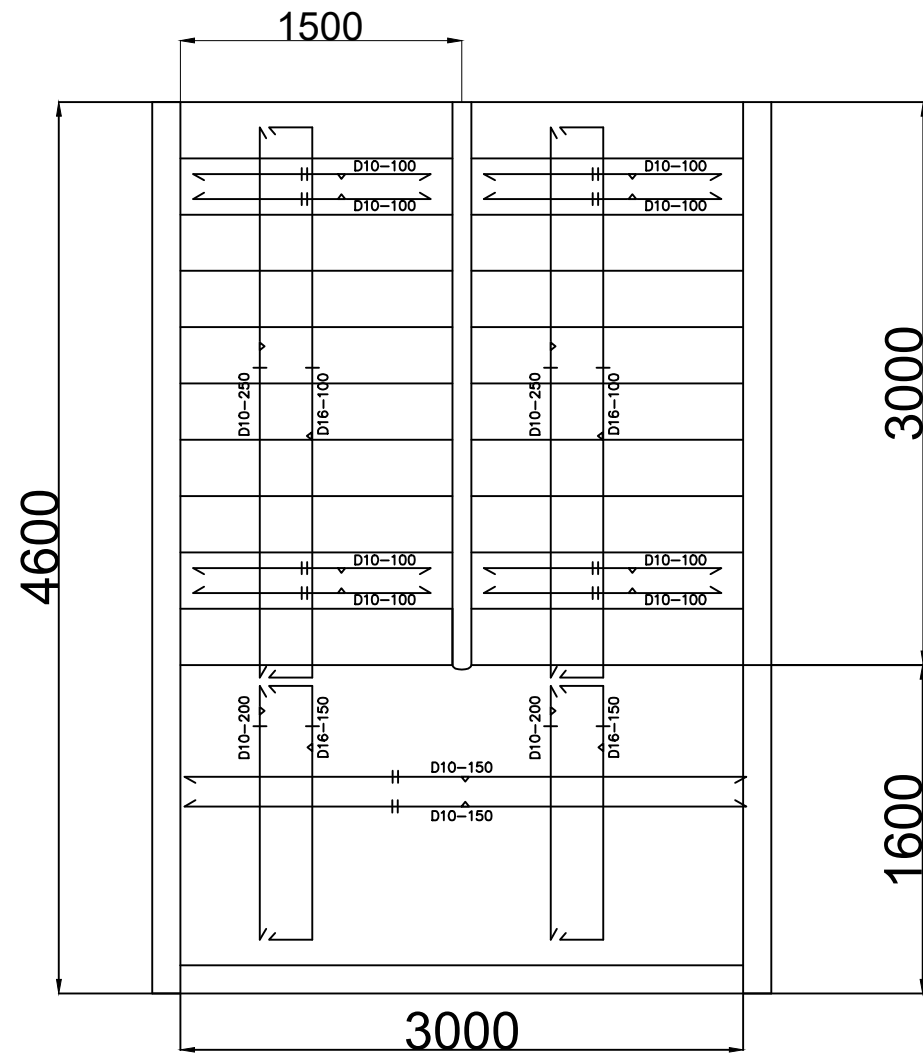
No.	Keterangan	
1	BI1	500 x 750
2	BI2	500 x 750
3	BI3	400 x 600
4	BI4	400 x 600
5	BI5	500 x 750
6	BI6	500 x 750
7	BI7	500 x 750
8	BI8	500 x 750
9	BI9	500 x 750
10	BI10	500 x 750
11	BA1	400 x 550



**DENAH BASEMENT**  
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	DENAH BASEMENT	1 : 300	12	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)

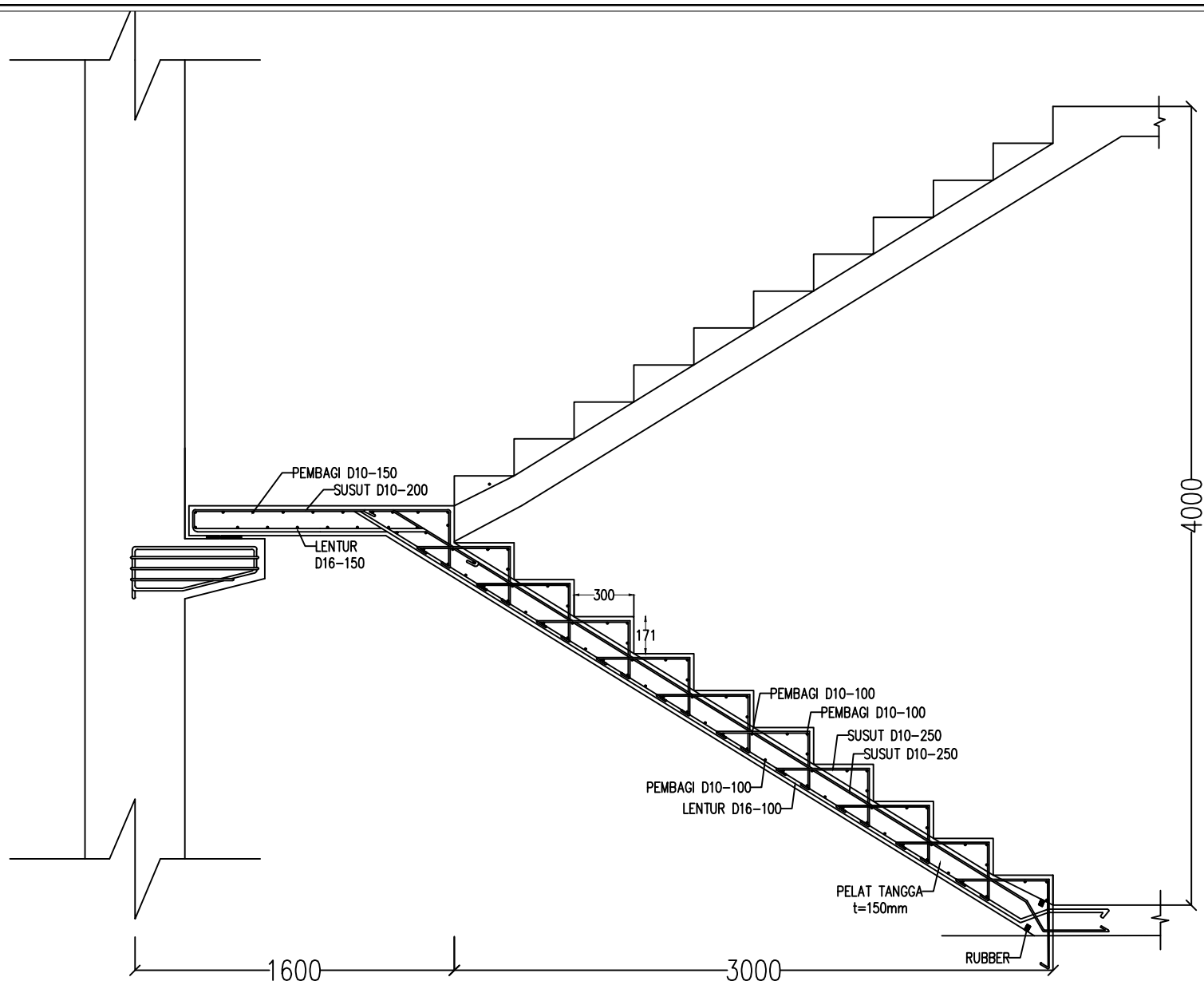


 TAMPAK ATAS PENULANGAN TANGGA  
 SKALA 1:40



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	Tampak Atas Penulangan Tangga	1 : 40	12	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)




 POTONGAN MEMANJANG PENULANGAN TANGGA  
 SKALA 1:40



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Tugas Akhir

Nama Gambar

Potongan Memanjang  
Penulangan Tangga

Skala

1 : 40

No. Lembar

13

Jml Lembar

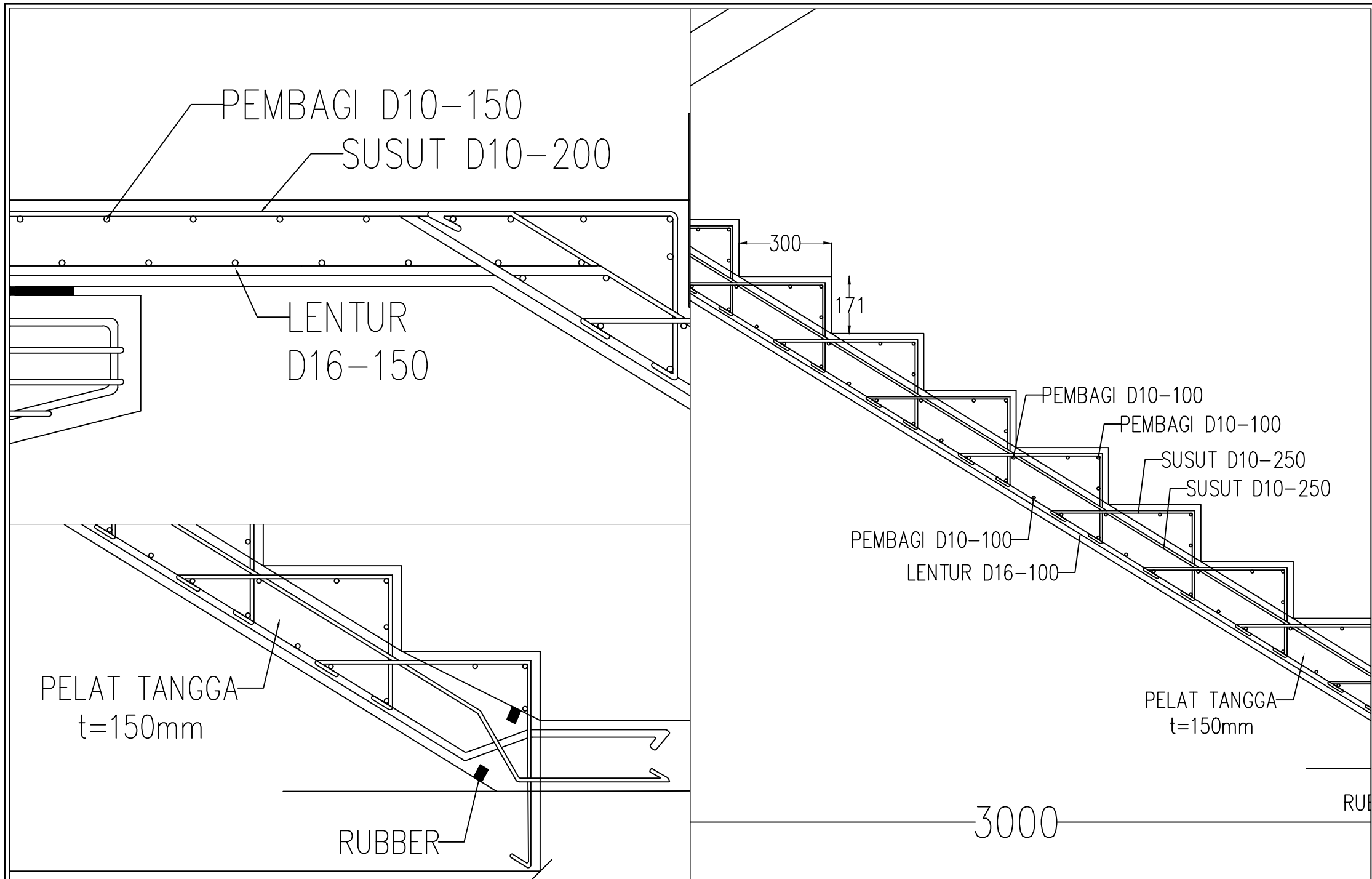
50

Dosen pembimbing

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

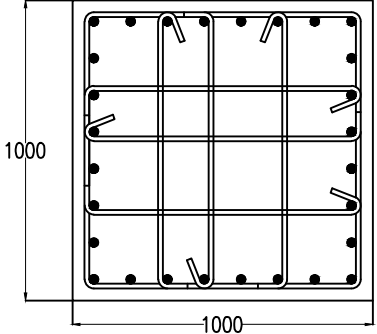
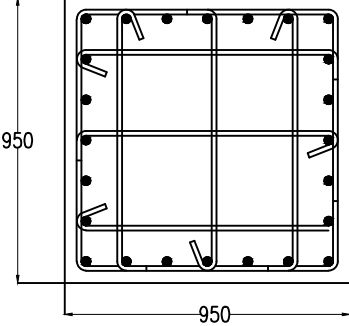
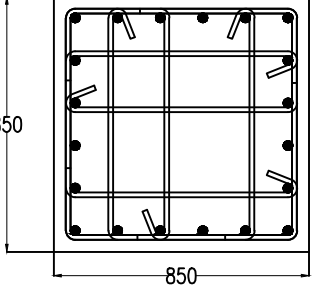
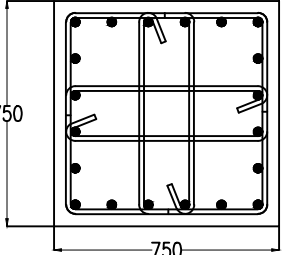
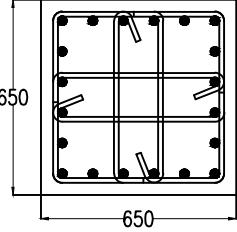
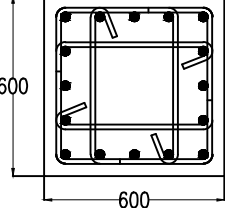
Nama & Nrp Mahasiswa

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)

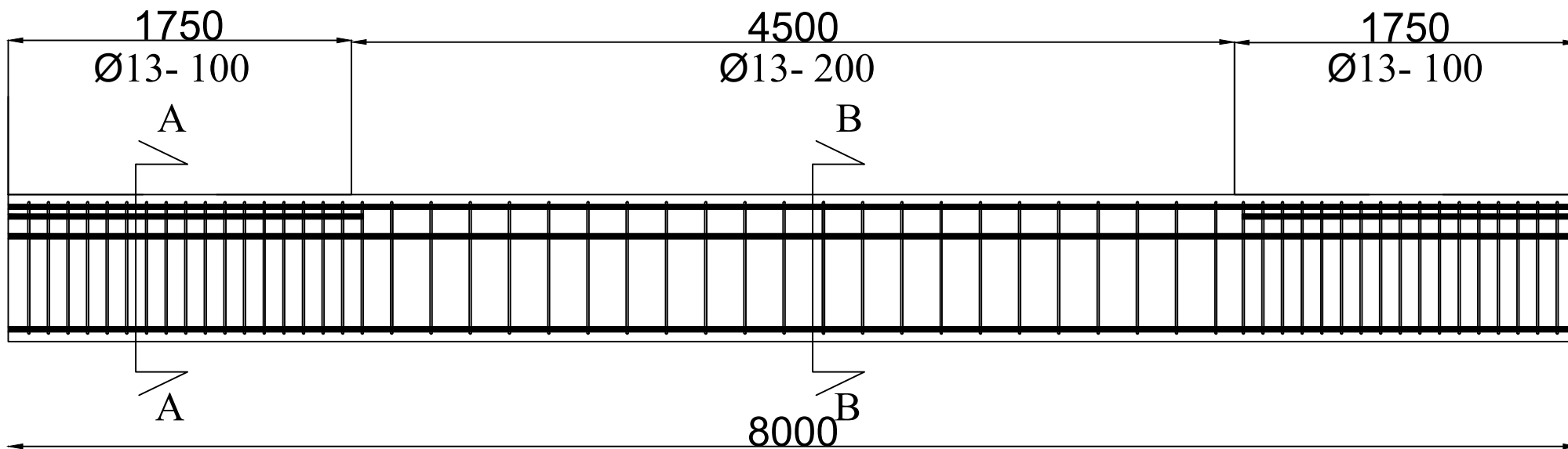


JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail Penulangan Tangga	1 : 25	14	50	Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)

TYPE	K1 (1000 x 1000)		K2 (950 X 950)		K3 (850 X 850)
LT. Basement - 5		Lt .6 - 10		Lt .11 - 15	
TULANGAN	28D29	TULANGAN	24D29	TULANGAN	20D29
SENGKANG	4D16-100/100	SENGKANG	4D16-100/120	SENGKANG	4D16-100/150
TYPE	K4 (750 x 750)		K5 (650 X 650)		K6 (600 X 600)
LT. 19-20		Lt. 21-25		LT. 26-Atap	
TULANGAN	20D29	TULANGAN	20D29	TULANGAN	16D29
SENGKANG	4D16-120/140	SENGKANG	4D16-120/150	SENGKANG	4D16-120/150





DETAIL POTONGAN MEMANJANG BALOK INDUK 1

SKALA 1 : 30

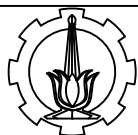
TIPE BALOK	BI1	
POSISI	TUMPUAN (POT. A-A)	LAPANGAN (POT. B-B)
DETAIL BALOK		
DIMENSI	500 x 750 mm	500 x 750 mm
TULANGAN ATAS	6 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	5 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 200 mm



DETAIL POTONGAN MELINTANG BALOK INDUK 1

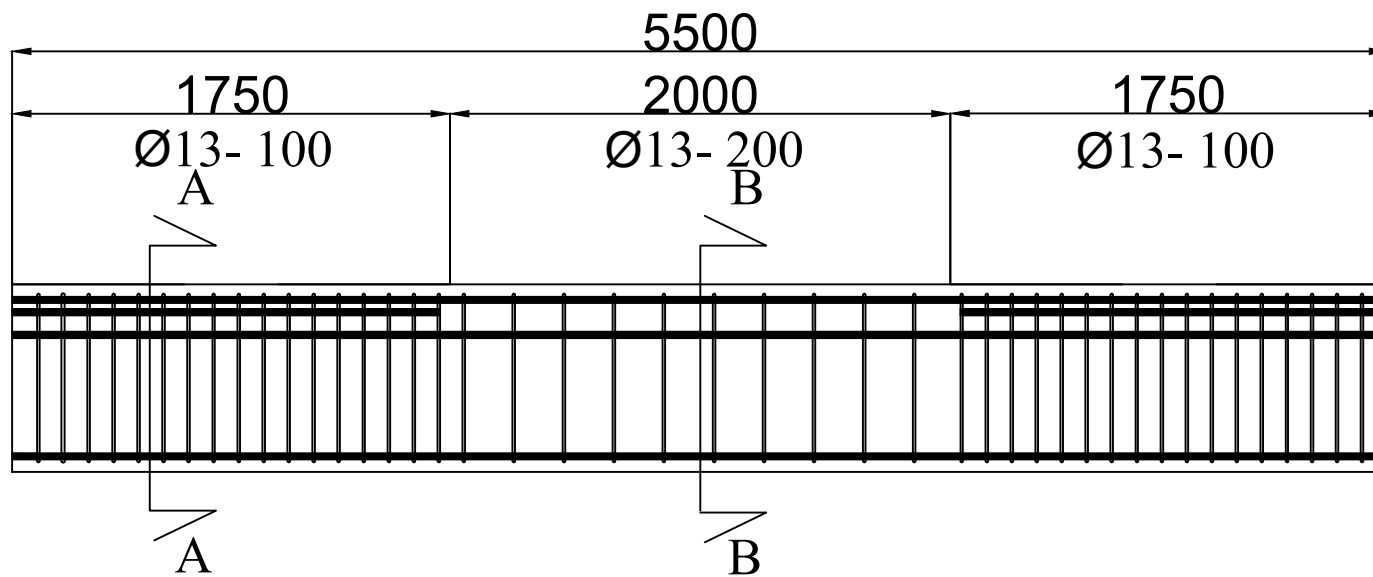
SKALA 1 : 20

Satuan gambar dalam mm

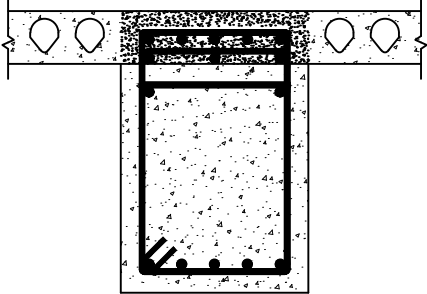
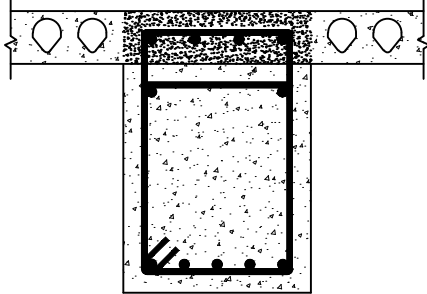



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	DETAIL BALOK INDUK	1 : 20	16	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)

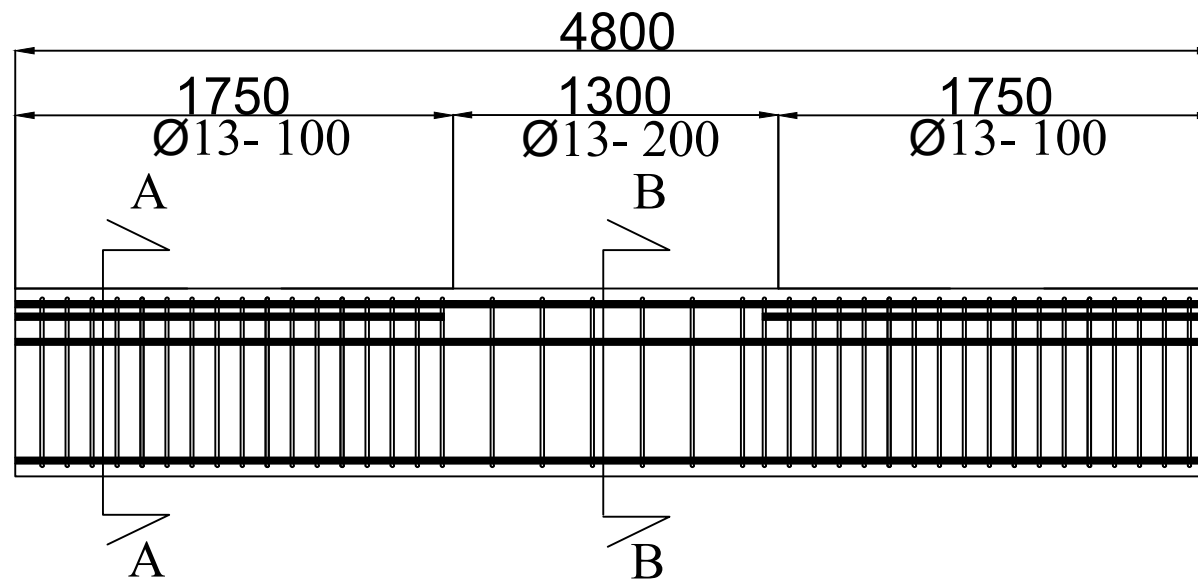



**DETAIL POTONGAN MEMANJANG BI2**  
 SKALA 1 : 30  
 Satuan gambar dalam mm

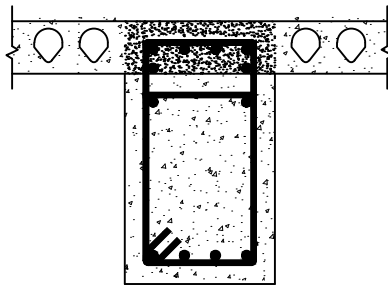
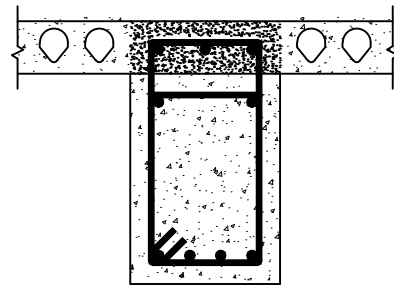
POSISI	BI2	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	500 × 750 mm	500 × 750 mm
TULANGAN ATAS	8 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	5 D25	5 D25
SENGKANG	2Ø13 - 120 mm	2Ø13 - 240 mm



**DETAIL POTONGAN MELINTANG BI2**  
 SKALA 1 : 20





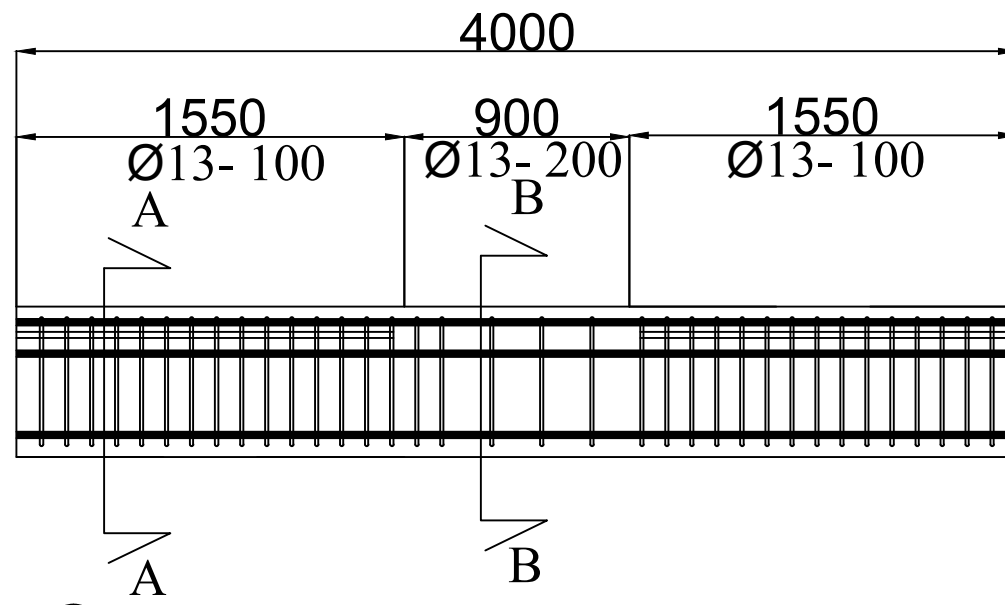

**DETAIL POTONGAN MEMANJANG BI3**  
 SKALA 1 : 30  
 Satuan gambar dalam mm

TIPE BALOK	BI3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	400 × 600 mm	400 × 600 mm
TULANGAN ATAS	6 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 200 mm


**DETAIL POTONGAN MELINTANG BI3**  
 SKALA 1 : 20





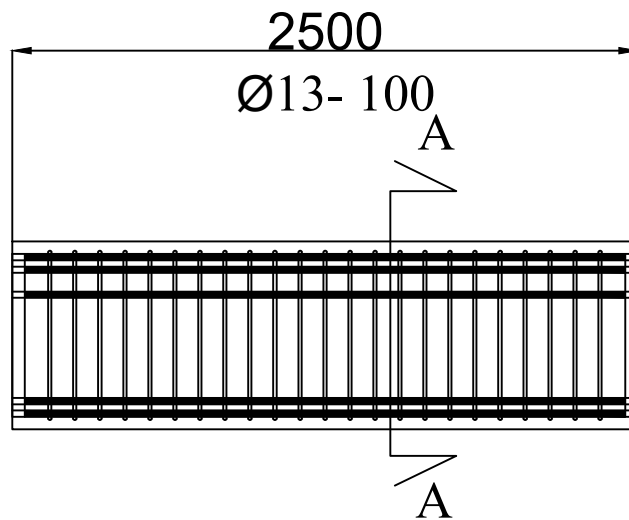


DETAIL POTONGAN MEMANJANG BI4  
SKALA 1 : 30  
Satuan gambar dalam mm

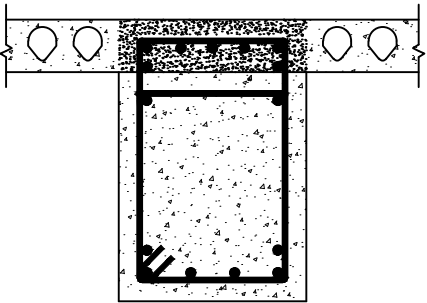
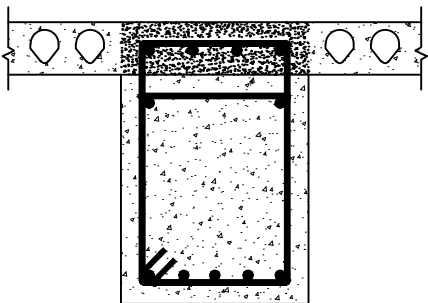
TIPE BALOK	BI4	
POSISI	TUMPUAN (POT. A-A)	LAPANGAN (POT B-B)
DETAIL BALOK		
DIMENSI	400 × 600 mm	400 × 600 mm
TULANGAN ATAS	5 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 200 mm


DETAIL POTONGAN MELINTANG BI4  
SKALA 1 : 20  
Satuan gambar dalam mm

<p>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
	Tugas Akhir	DETAIL BALOK INDUK	1 : 20	19	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)




**DETAIL POTONGAN MEMANJANG B15**  
 SKALA 1 : 30  
 Satuan gambar dalam mm

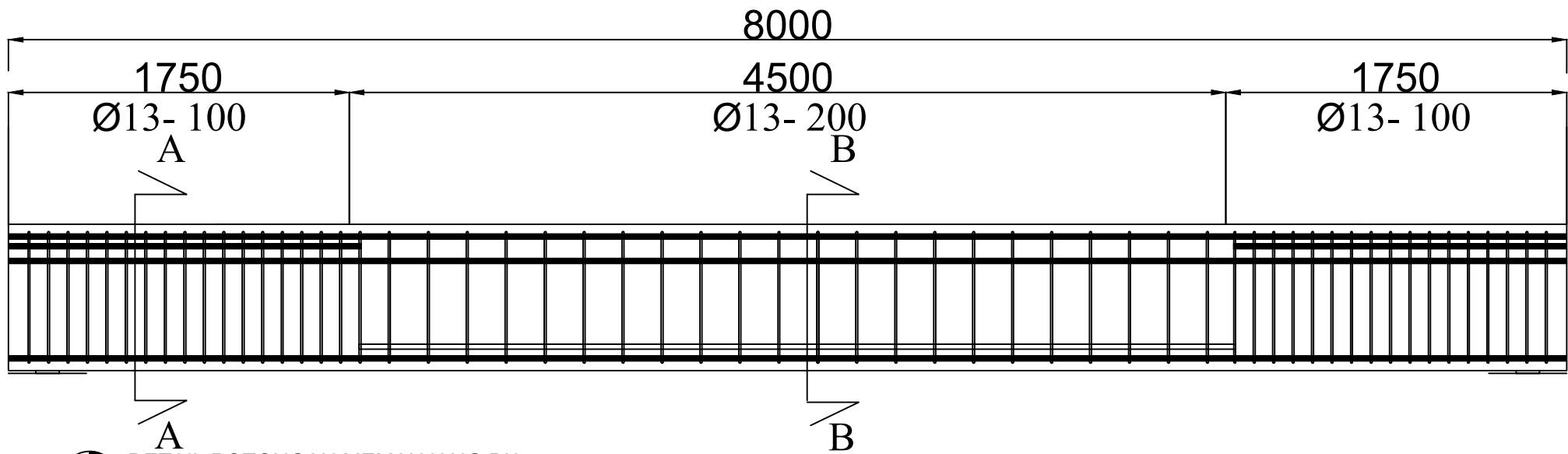
TIBE BALOK	B15	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	500 × 750 mm	500 × 750 mm
TULANGAN ATAS	7 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	6 D25	5 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 100 mm


**DETAIL POTONGAN MELINTANG B15**  
 SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	DETAIL BALOK INDUK	1 : 20	20	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



DETAIL POTONGAN MEMANJANG BI6

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm

POSISI	BI6	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	500 × 750 mm	500 × 750 mm
TULANGAN ATAS	8 D25	5 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	5 D25	7 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 200 mm



DETAIL POTONGAN MELINTANG BI6

SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas  
Tugas Akhir

Nama Gambar  
DETAIL BALOK INDUK

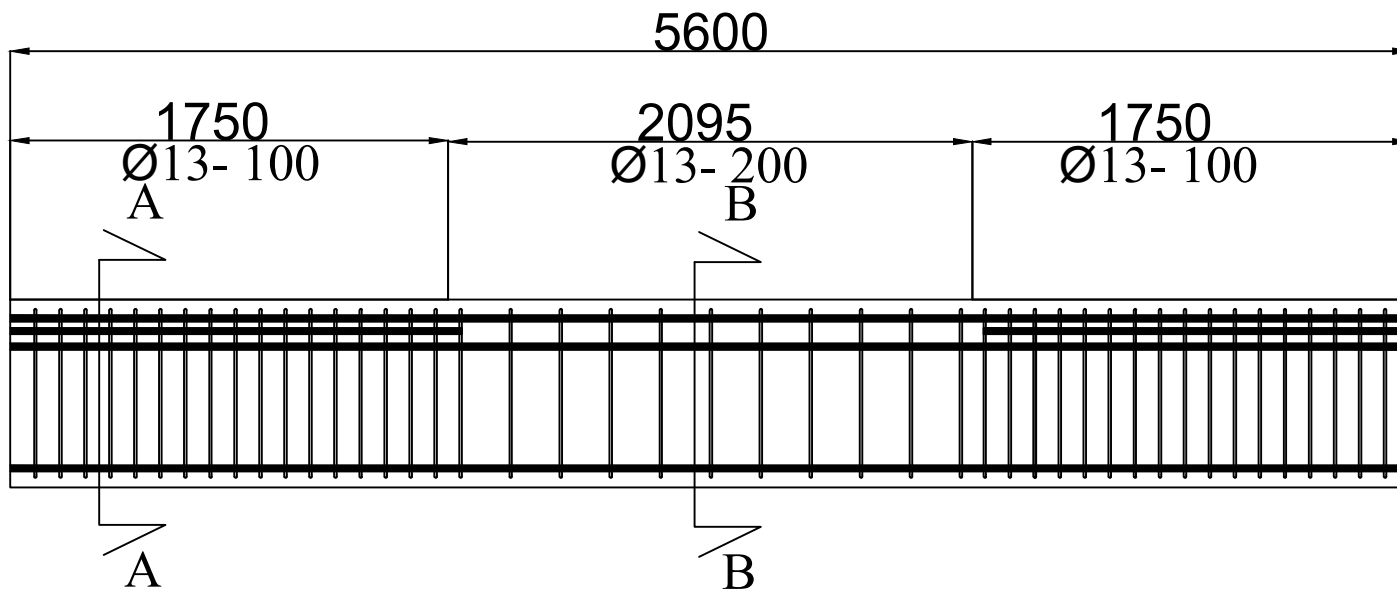
Skala  
1 : 20


No. Lembar  
21

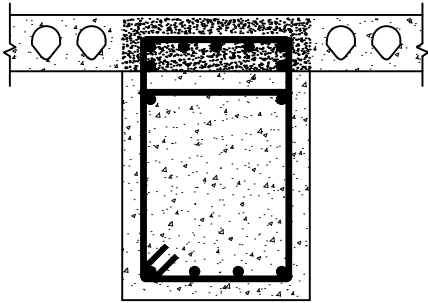
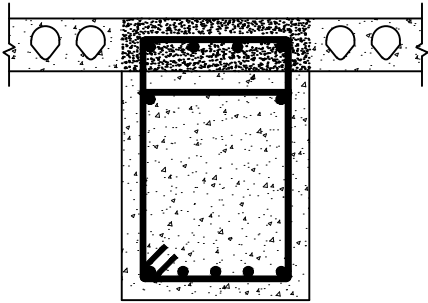
Jml Lembar  
50


Dosen pembimbing  
Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Nama & Nrp Mahasiswa  
Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)




**DETAIL POTONGAN MEMANJANG BI7**  
 SKALA 1 : 30  
 Satuan gambar dalam mm

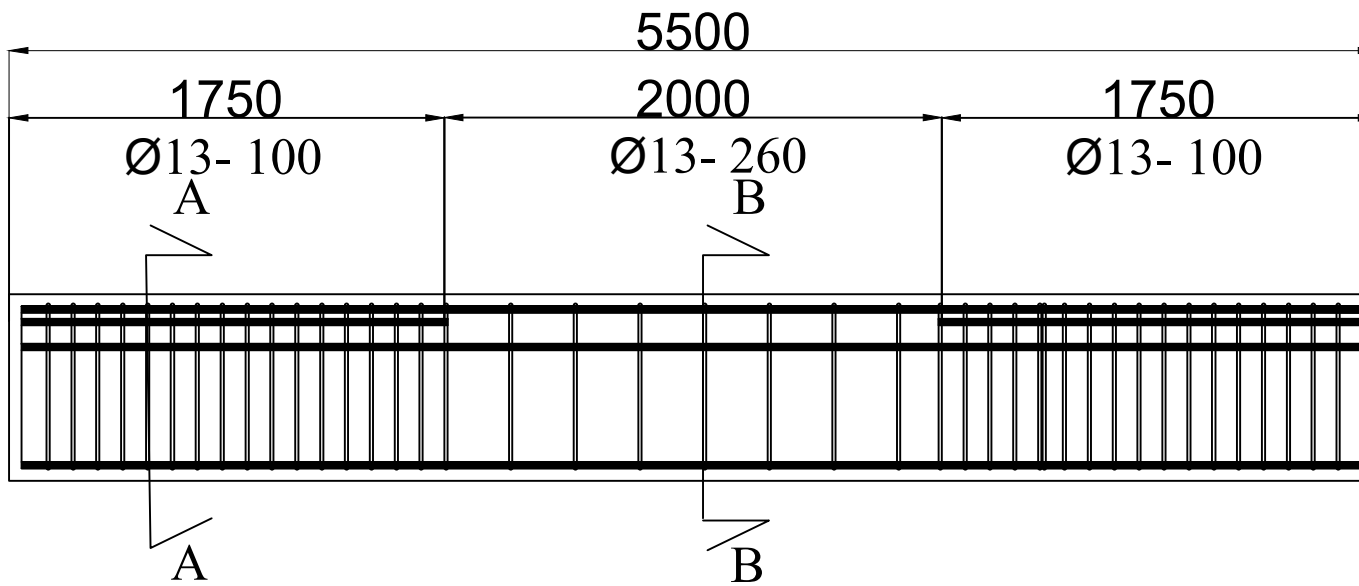
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	500 × 750 mm	500 × 750 mm
TULANGAN ATAS	7 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	5 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 200 mm



**DETAIL POTONGAN MELINTANG BI7**  
 SKALA 1 : 20  
 Satuan gambar dalam mm

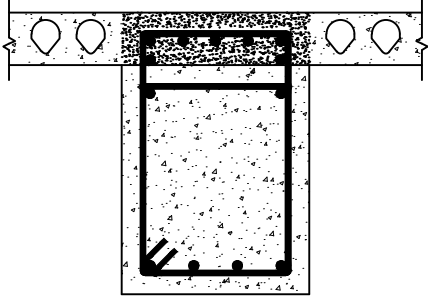



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

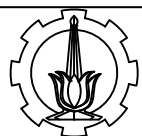
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	DETAIL BALOK INDUK	1 : 20	22	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)

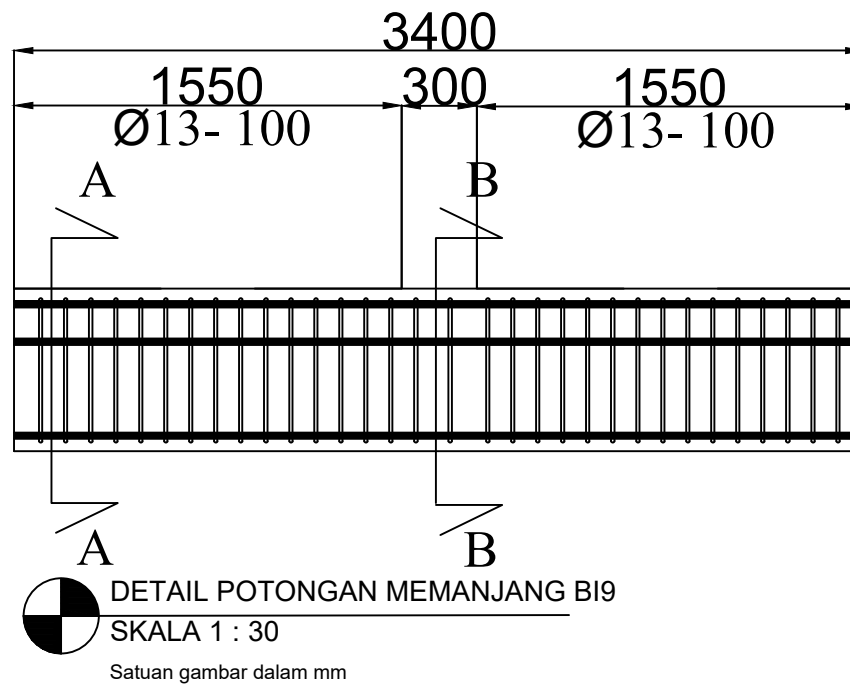



**DETAIL POTONGAN MEMANJANG B18**  
 SKALA 1 : 30  
 Satuan gambar dalam mm

POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
	DETAIL BALOK	
DIMENSI	500 × 750 mm	500 × 750 mm
TULANGAN ATAS	7 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	5 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 260 mm


**DETAIL POTONGAN MELINTANG B18**  
 SKALA 1 : 20



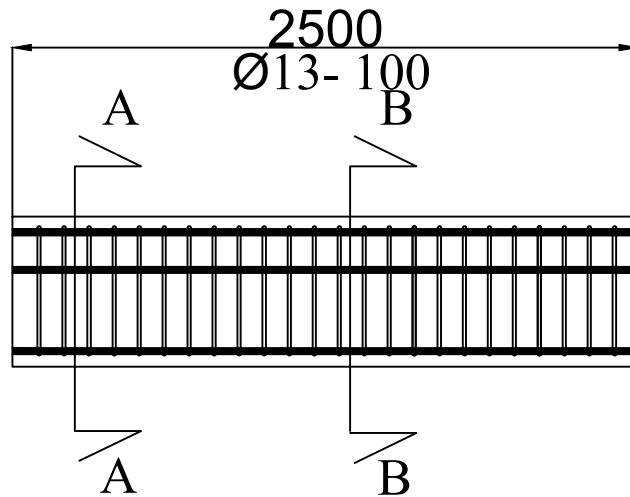


DETAIL POTONGAN MEMANJANG BI9  
 SKALA 1 : 30  
 Satuan gambar dalam mm

POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
	DETAIL BALOK	
DIMENSI	500 × 700 mm	500 × 700 mm
TULANGAN ATAS	5 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D32
TULANGAN BAWAH	4 D25	5 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 200 mm

DETAIL POTONGAN MELINTANG BI9  
 SKALA 1 : 20





DETAIL POTONGAN MEMANJANG BI10  
 SKALA 1 : 30  
 Satuan gambar dalam mm

POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	500 × 750 mm	500 × 750 mm
TULANGAN ATAS	5 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	5 D25
SENGKANG	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 100 mm

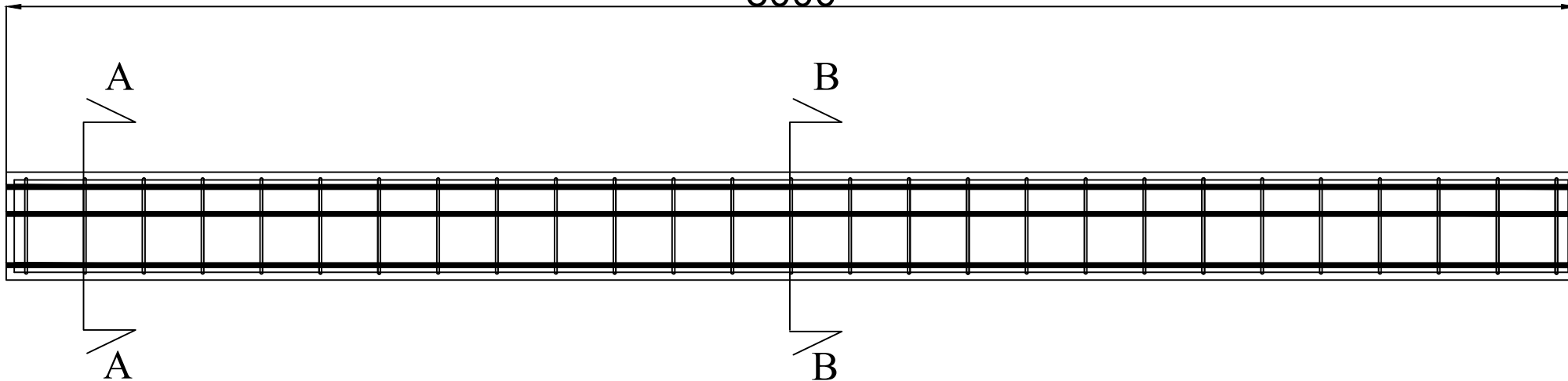
DETAIL POTONGAN MELINTANG BI10  
 SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	DETAIL BALOK INDUK	1 : 20	25	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)

8000



DETAIL POTONGAN MEMANJANG BA1

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm

TIPE BALOK	BA1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK		
DIMENSI	400 × 550 mm	400 × 550 mm
TULANGAN ATAS	4 D25	2 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	2 D25
SENGKANG	2Ø10 - 300 mm	2Ø10 - 300 mm



DETAIL POTONGAN MELINTANG BA1

SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

DETAIL BALOK ANAK

1 : 20

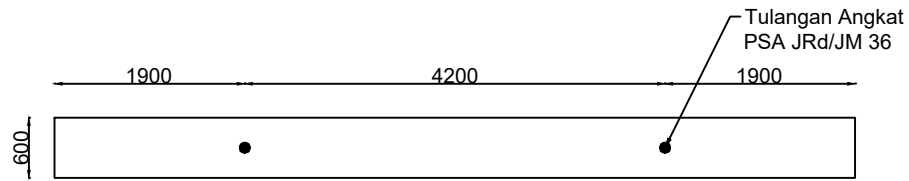
26

50

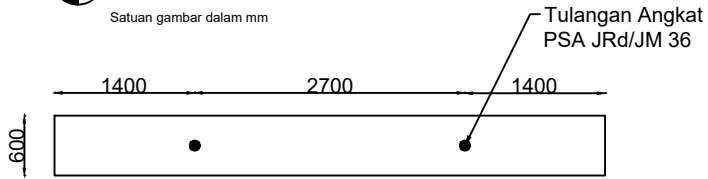
Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)

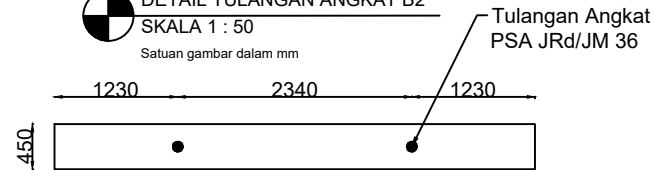




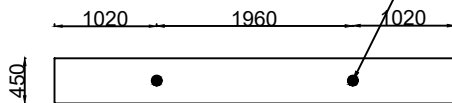
DETAIL TULANGAN ANGKAT B11  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm



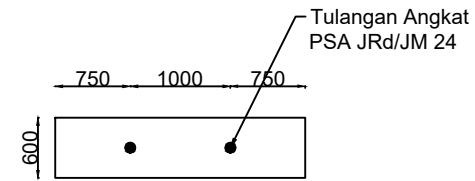
DETAIL TULANGAN ANGKAT B2  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm



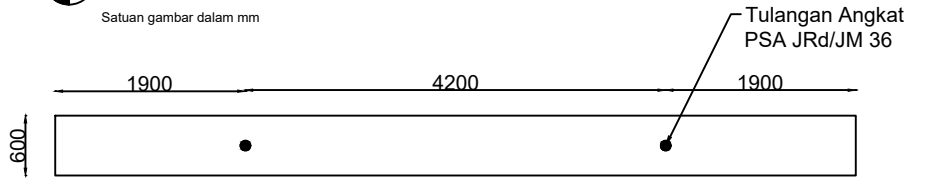
DETAIL TULANGAN ANGKAT B13  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm



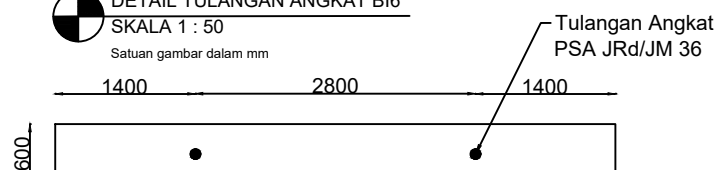
DETAIL TULANGAN ANGKAT B14  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm



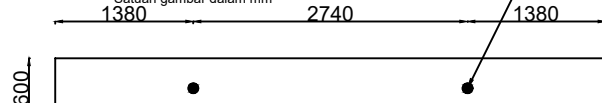
DETAIL TULANGAN ANGKAT B15  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm



DETAIL TULANGAN ANGKAT B16  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm

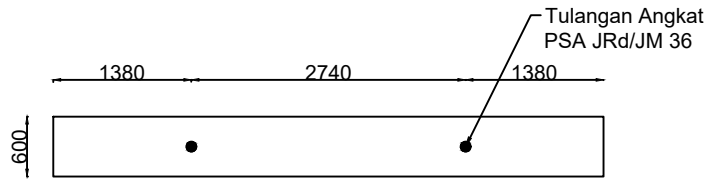



DETAIL TULANGAN ANGKAT B17  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm

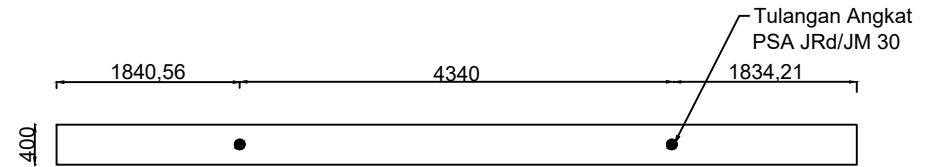



DETAIL TULANGAN ANGKAT B18  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm

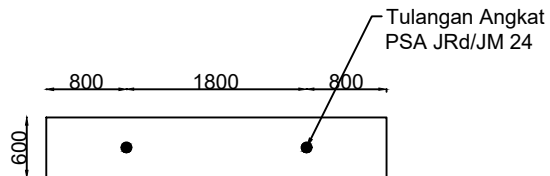





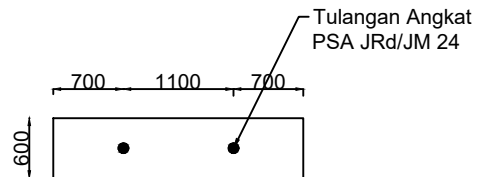

**DETAIL TULANGAN ANGKAT BI8**  
 SKALA 1 : 50  
 Satuan gambar dalam mm





**DETAIL TULANGAN ANGKAT BA1**  
 SKALA 1 : 50  
 Satuan gambar dalam mm



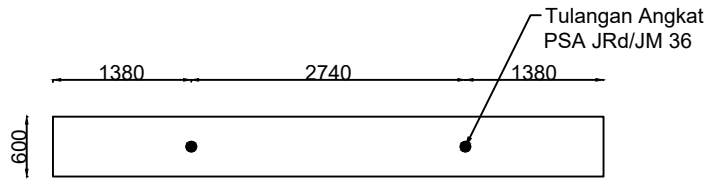

**DETAIL TULANGAN ANGKAT BI9**  
 SKALA 1 : 50  
 Satuan gambar dalam mm



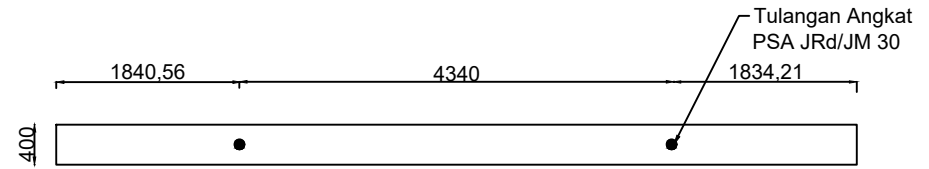

**DETAIL TULANGAN ANGKAT BI10**  
 SKALA 1 : 50  
 Satuan gambar dalam mm



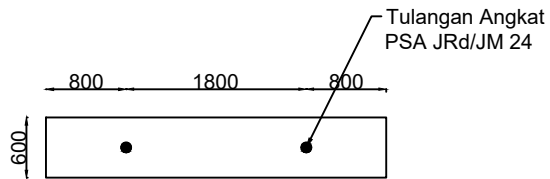
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	tulangan angkat balok	1 : 75	28	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



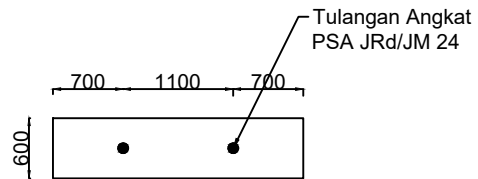
DETAIL TULANGAN ANGKAT BI8  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm



DETAIL TULANGAN ANGKAT BA1  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm

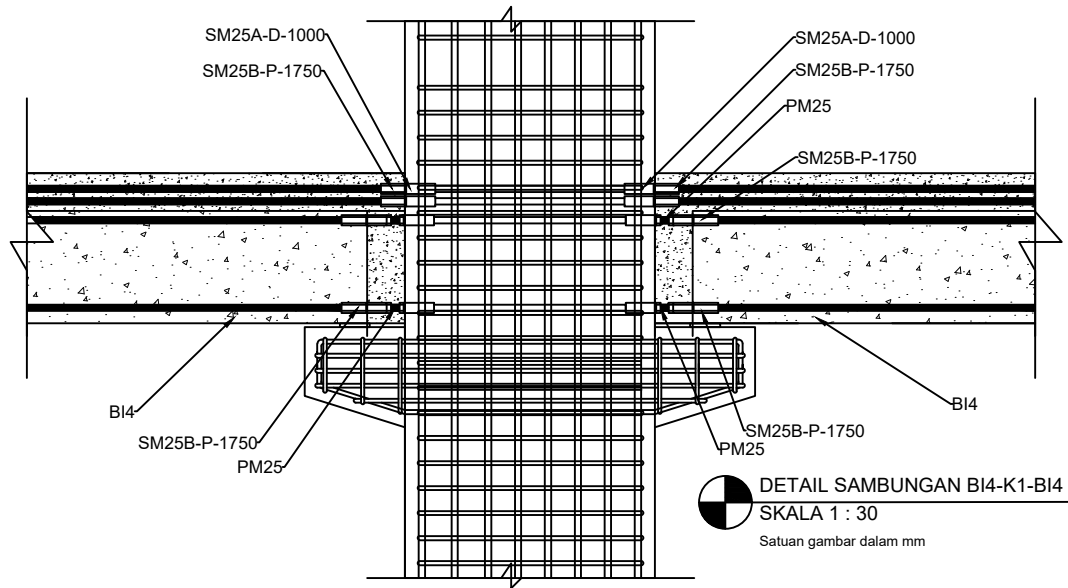
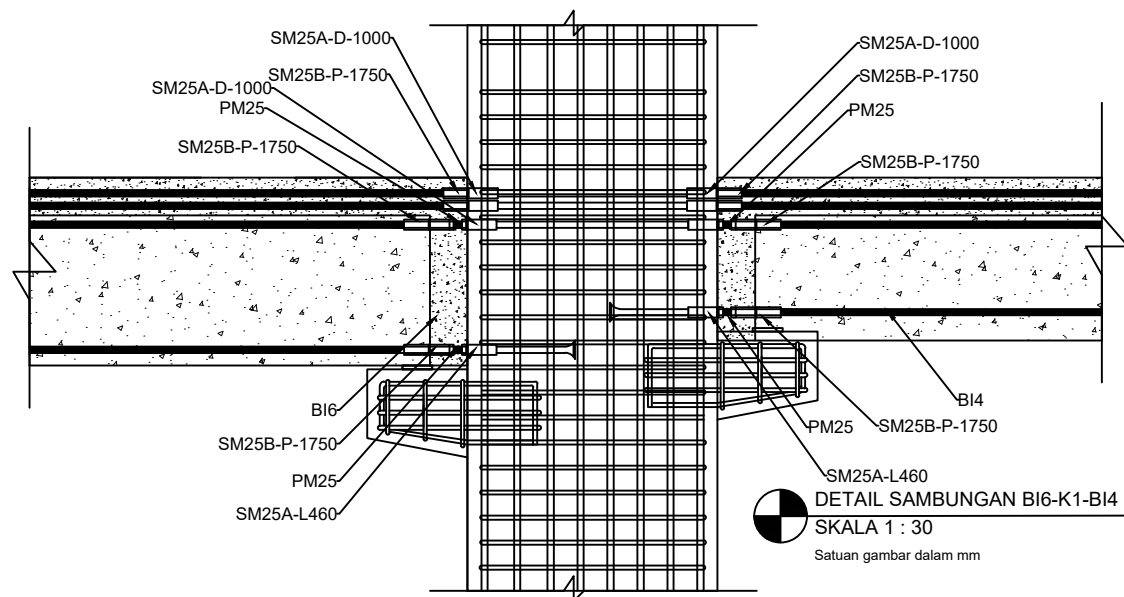


DETAIL TULANGAN ANGKAT BI9  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm



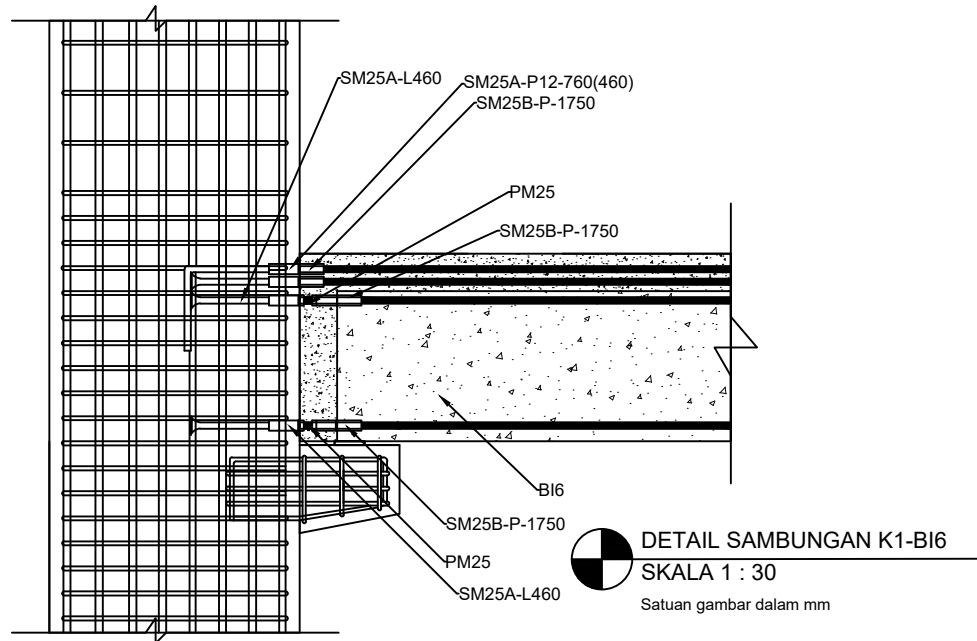
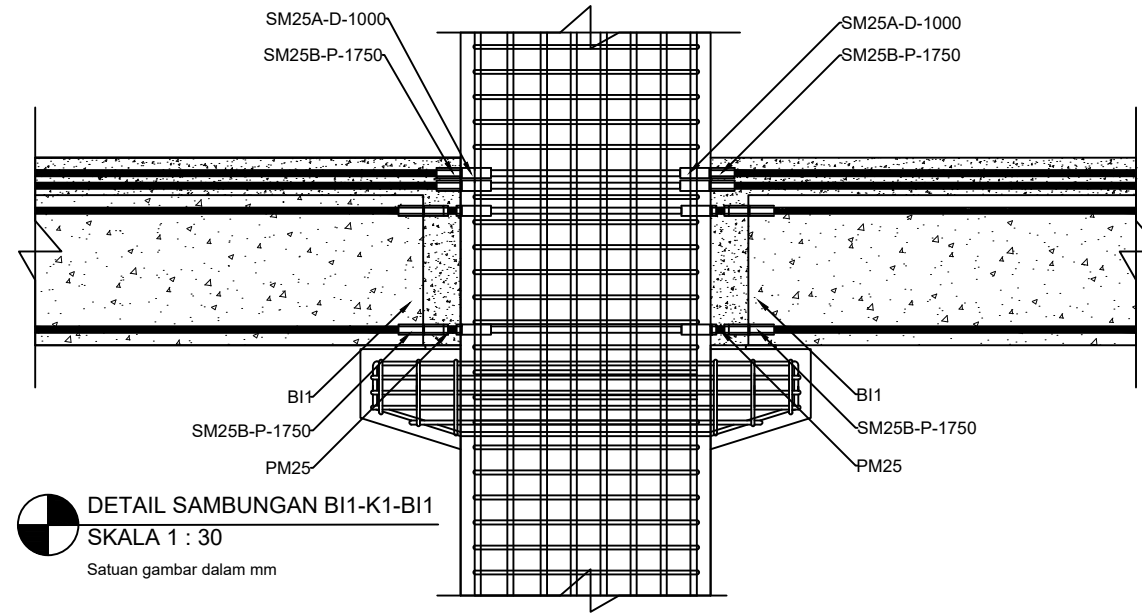
DETAIL TULANGAN ANGKAT BI10  
SKALA 1 : 50  
Satuan gambar dalam mm

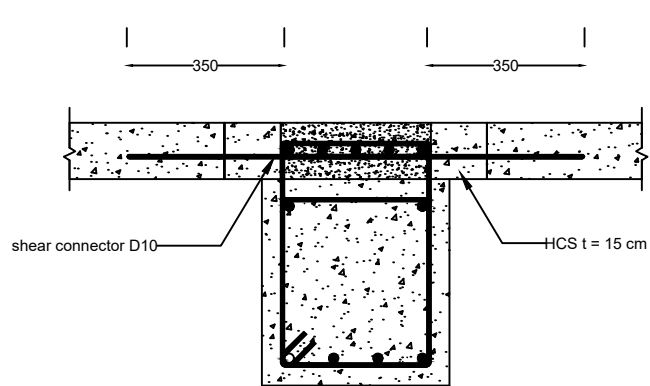




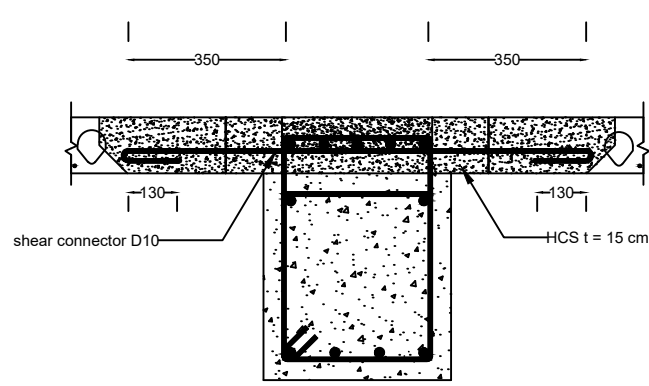
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	SAMBUNGAN BALOK KOLOM	1 : 30	30	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)

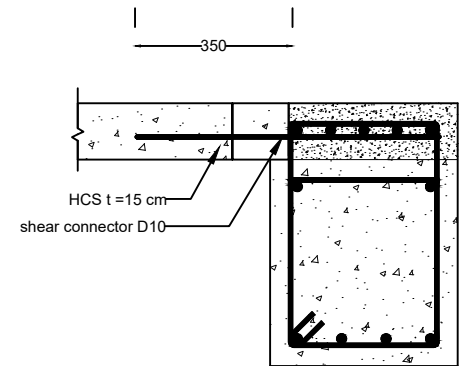




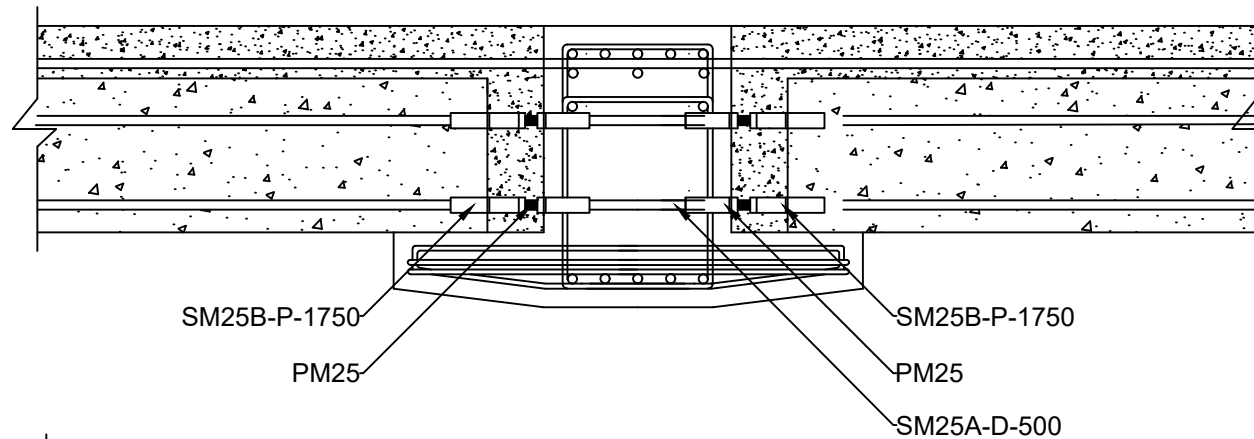
DETAIL POTONGAN A - A  
SKALA 1 : 20  
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN SAMPING PLAT DAN BALOK  
SKALA 1 : 20  
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN PERLETAKAN UJUNG  
SKALA 1 : 20  
Satuan gambar dalam mm

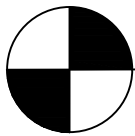
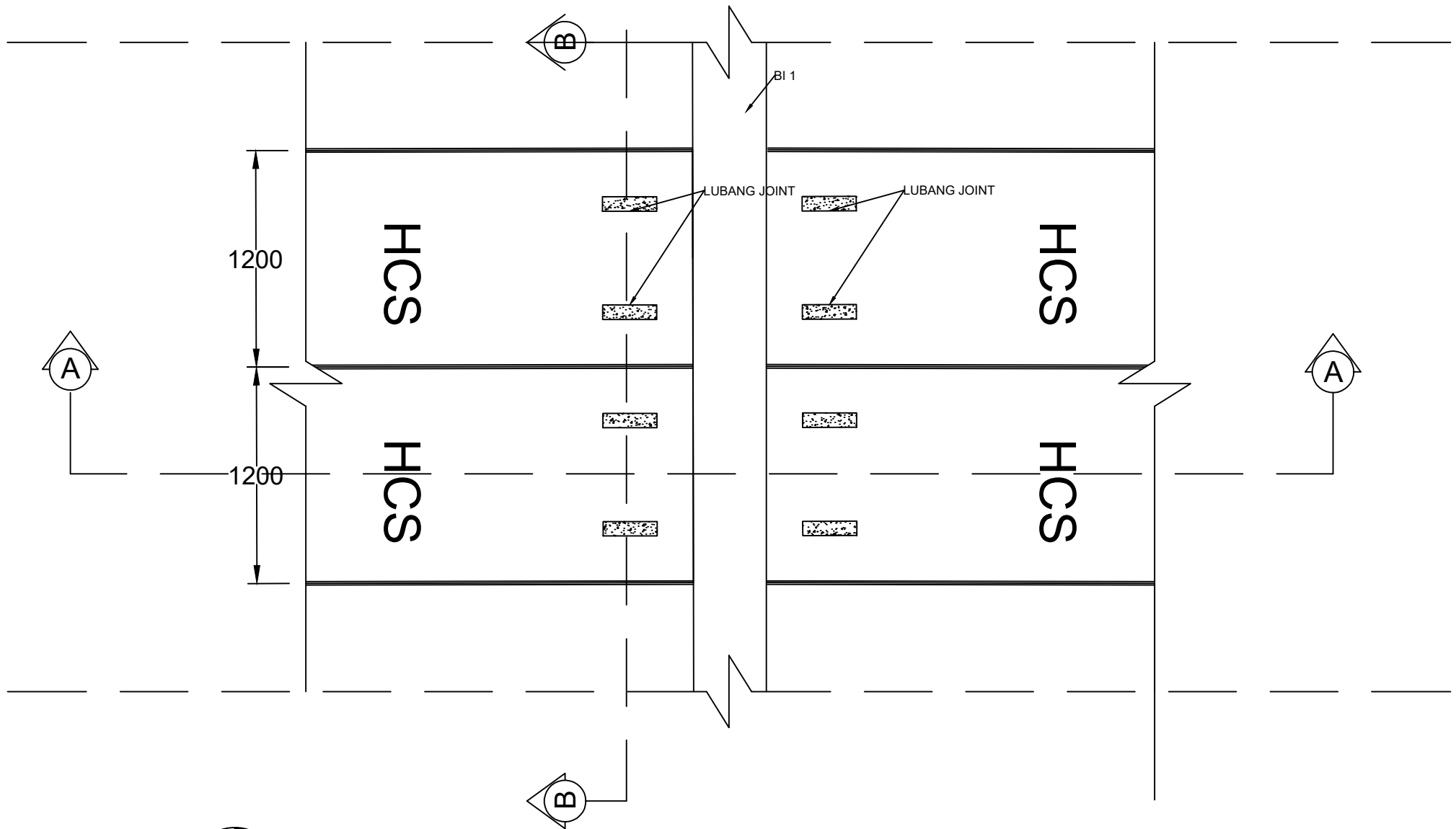


DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK BALOK ANAK  
SKALA 1 : 20  
Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail sambungan BI-BA	1 : 20	32	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



**TAMPAK ATAS SAMBUNGAN PLAT**

**SKALA 1 : 30**

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Tampak Atas sambungan pelat

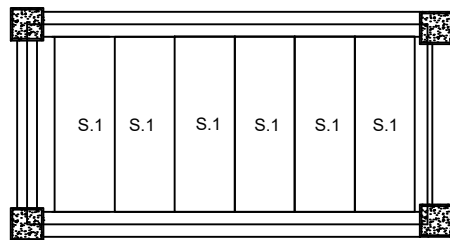
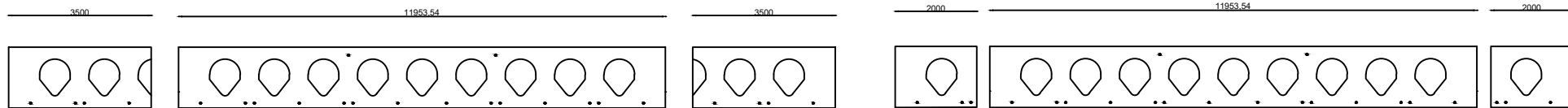
1 : 30

33

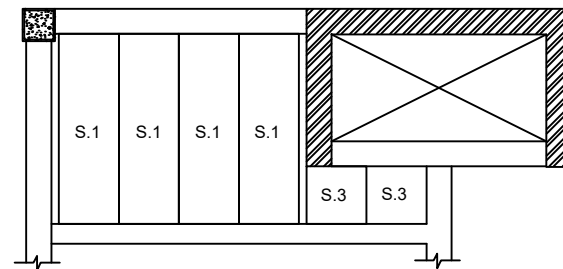
50

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

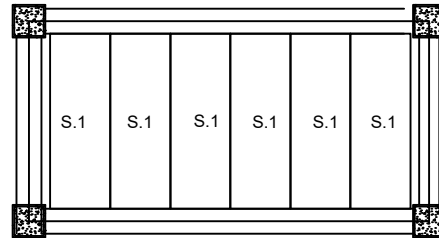
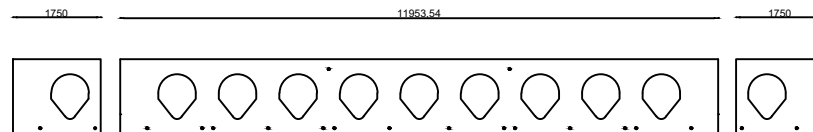
Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)



DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1 LT. 20-24  
 SKALA 1 : 150  
 Satuan gambar dalam mm



DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1 LT. 20-24  
 SKALA 1 : 120  
 Satuan gambar dalam mm



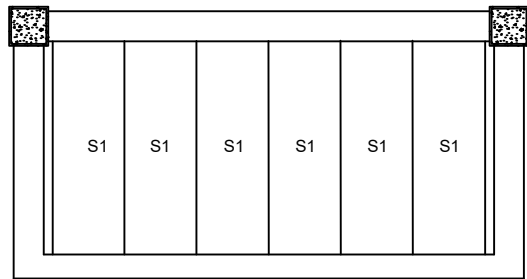
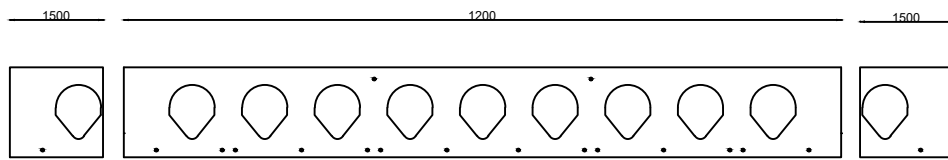
DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1 LT. 20-24  
 SKALA 1 : 150  
 Satuan gambar dalam mm



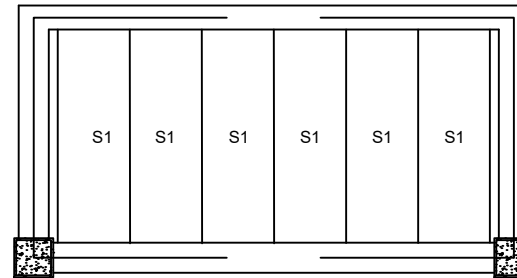
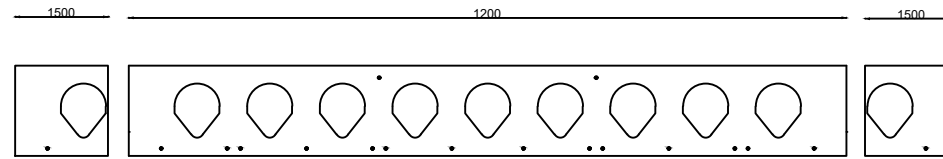
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail Pemasangan Plat	1 : 125	35	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



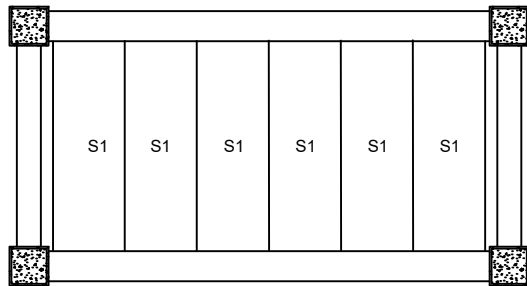
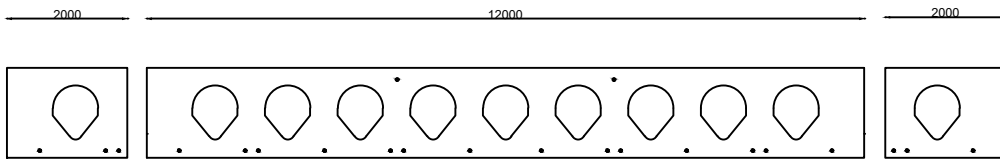




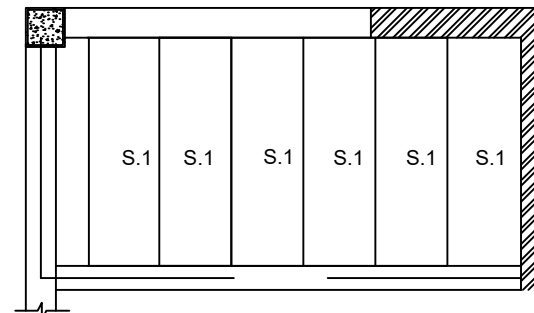
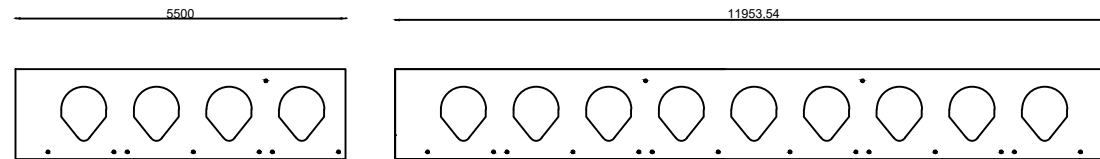
DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1 LT. 20-24  
 SKALA 1 : 125  
 Satuan gambar dalam mm



DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1 LT. 20-24  
 SKALA 1 : 125  
 Satuan gambar dalam mm



DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1 LT. 20-24  
 SKALA 1 : 125  
 Satuan gambar dalam mm

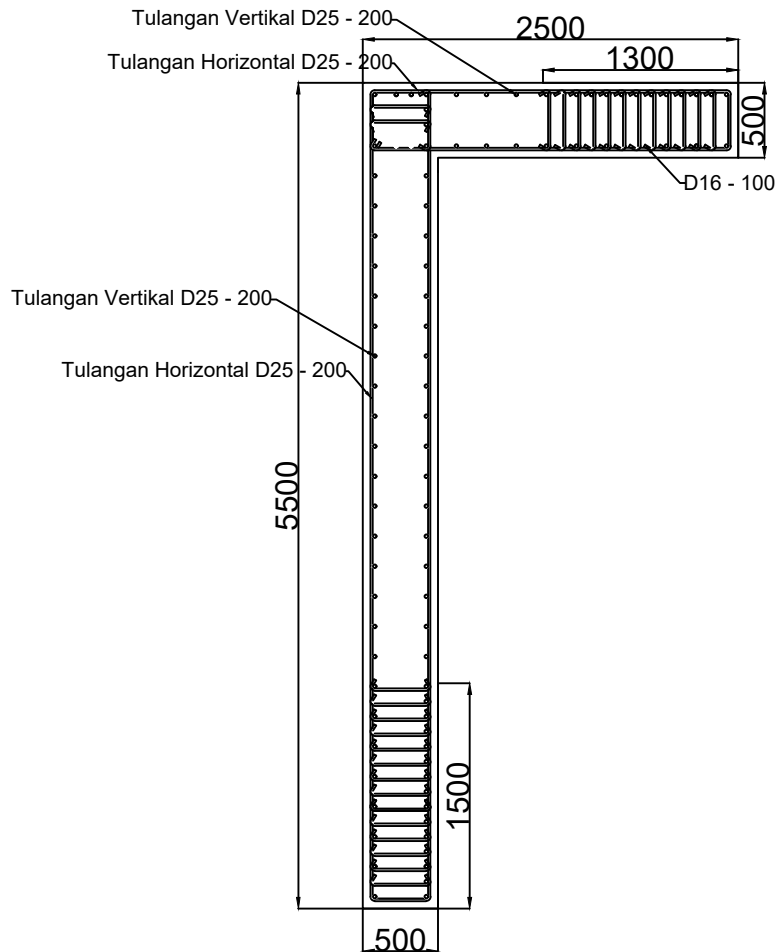


DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1 LT. 20-24  
 SKALA 1 : 125  
 Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

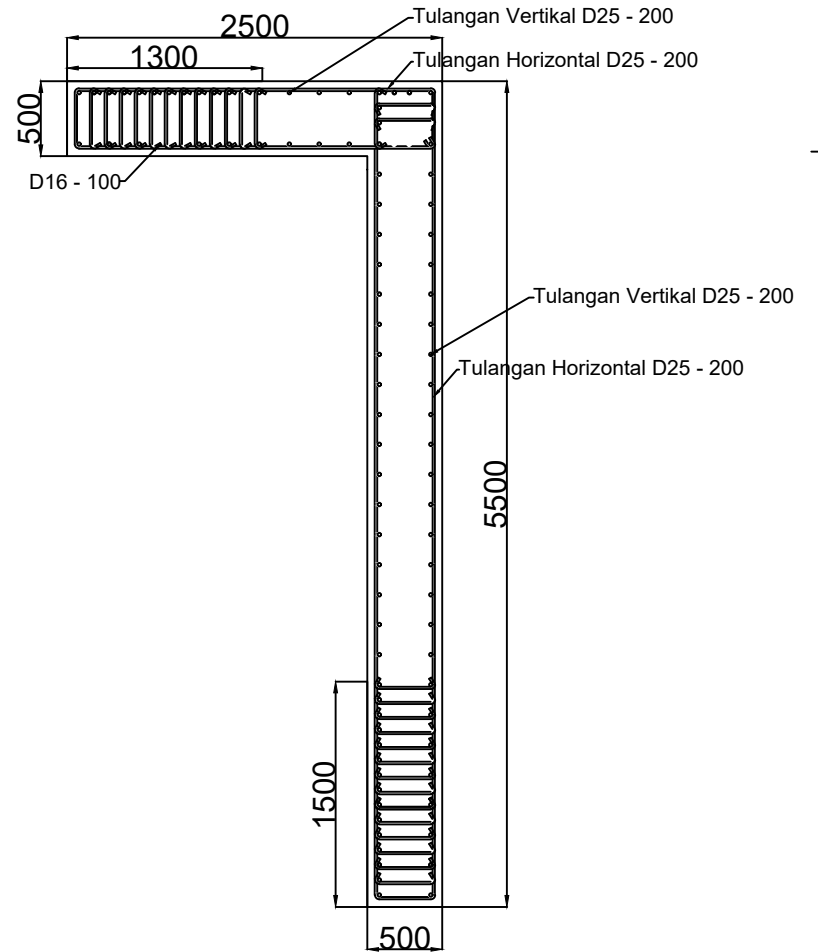
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail Pemasangan Plat	1 : 125	34	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas  
 Tugas Akhir

Nama Gambar  
 Detail Shearwall

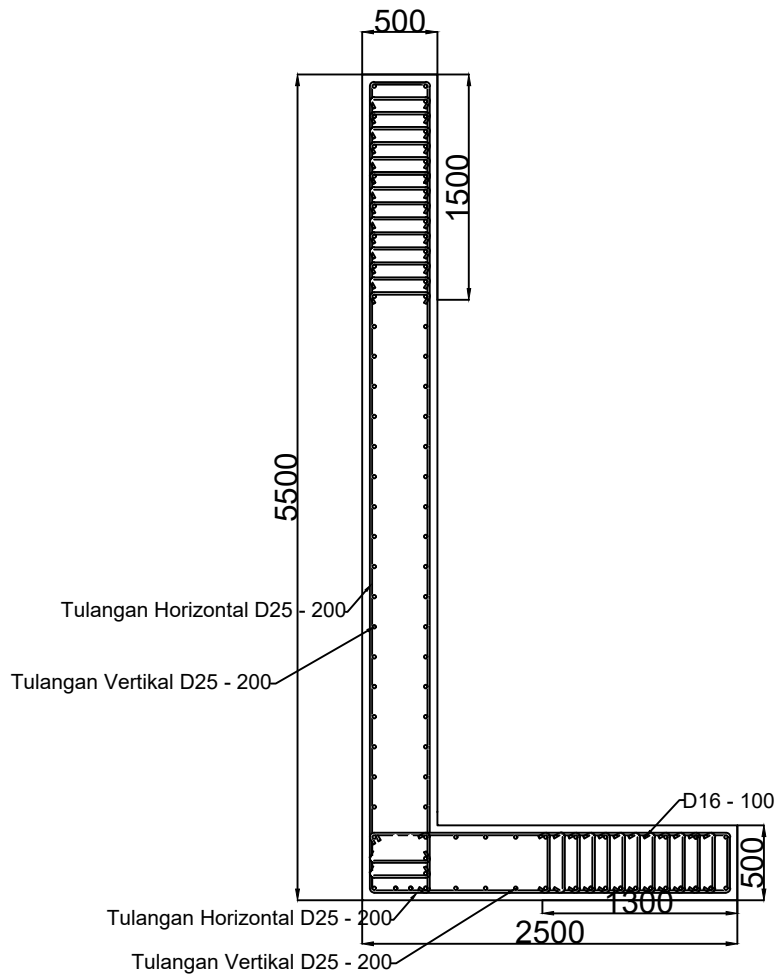
Skala  
 1 : 50

No. Lembar  
 35

Jml Lembar  
 50

Dosen pembimbing  
 Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

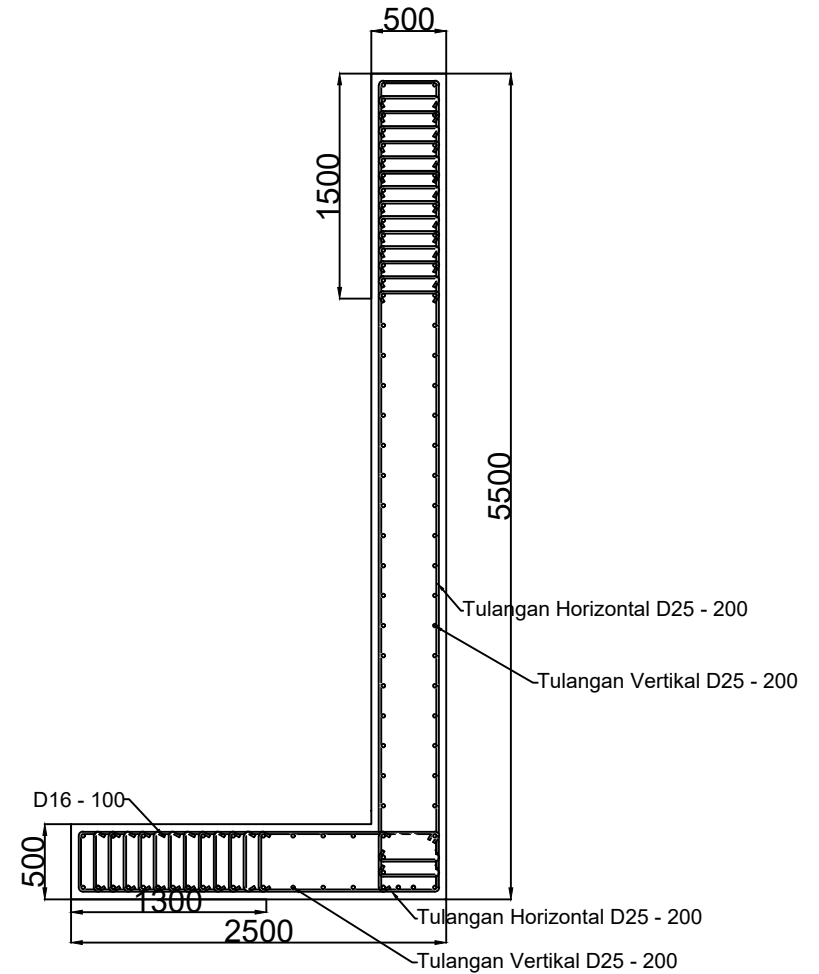
Nama & Nrp Mahasiswa  
 Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Tugas Akhir

Nama Gambar

Detail Shearwall

Skala

1 : 50

No. Lembar

36

Jml Lembar

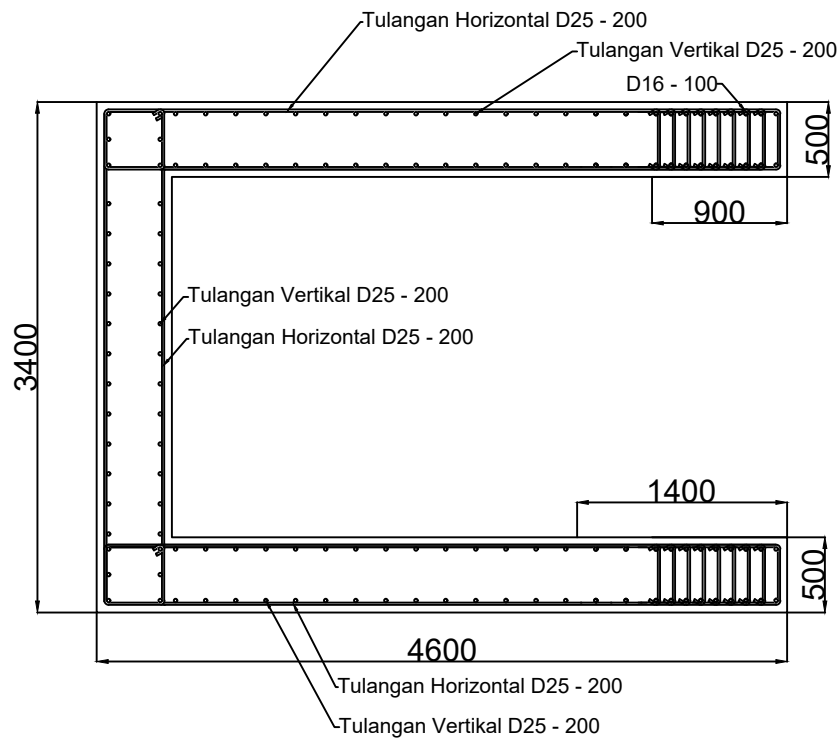
50

Dosen pembimbing

Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Nama & Nrp Mahasiswa

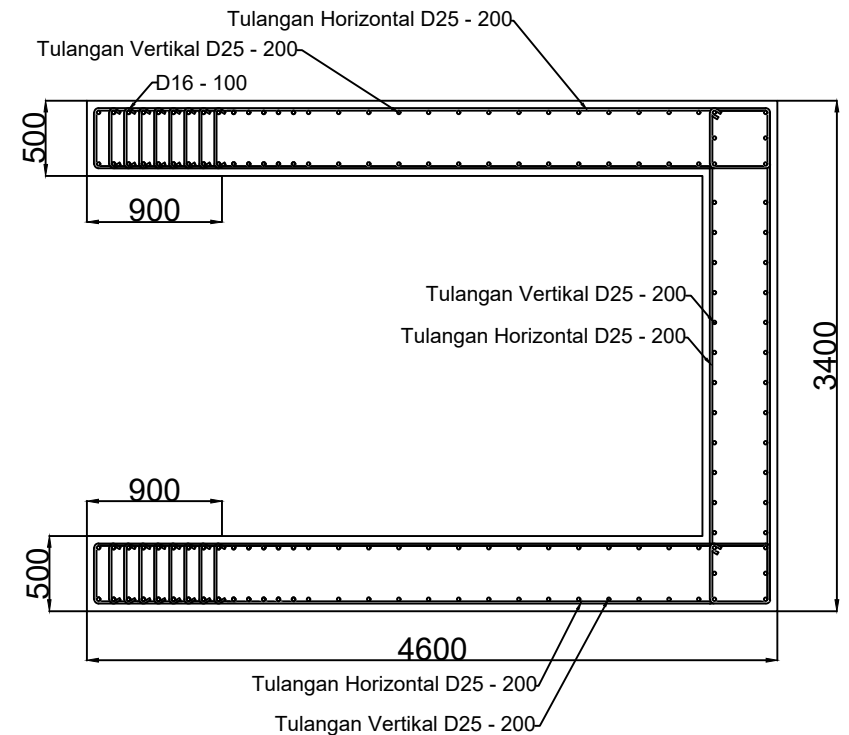
Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

Tugas Akhir

Detail Shearwall

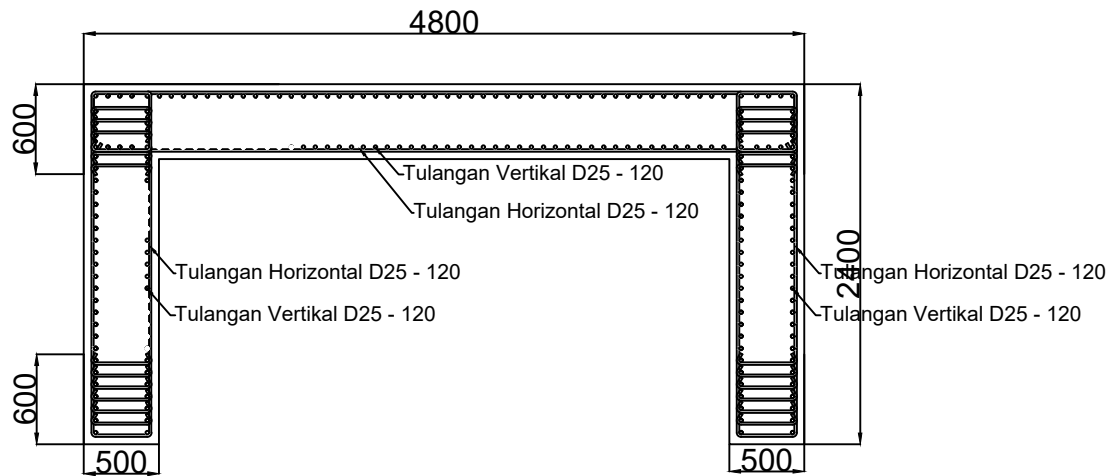
1 : 50


37

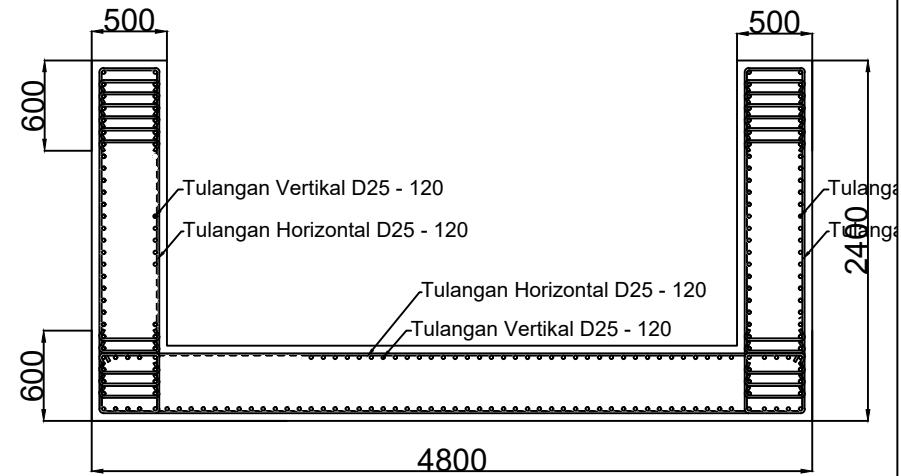
38


Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)




**DETAIL POTONGAN MEMANJANG**  
 SKALA 1 : 50  
 Satuan gambar dalam mm




**DETAIL POTONGAN MEMANJANG**  
 SKALA 1 : 50  
 Satuan gambar dalam mm

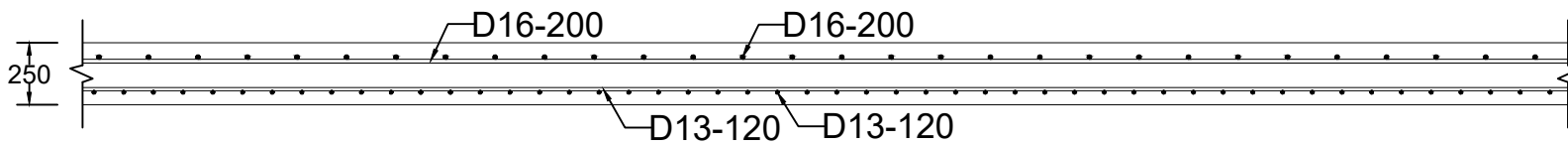


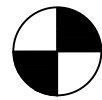


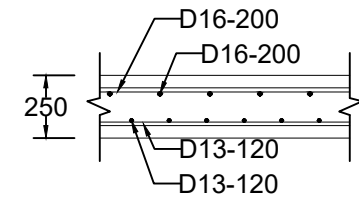


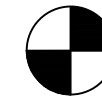


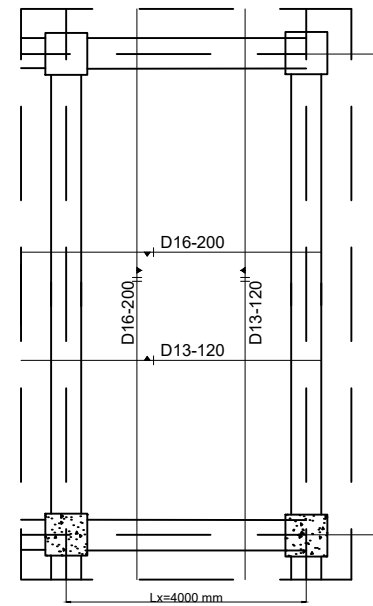






**POTONGAN ARAH Y**  
**SKALA 1 : 30**  
 Satuan gambar dalam mm




**POTONGAN ARAH X**  
**SKALA 1 : 80**  
 Satuan gambar dalam mm

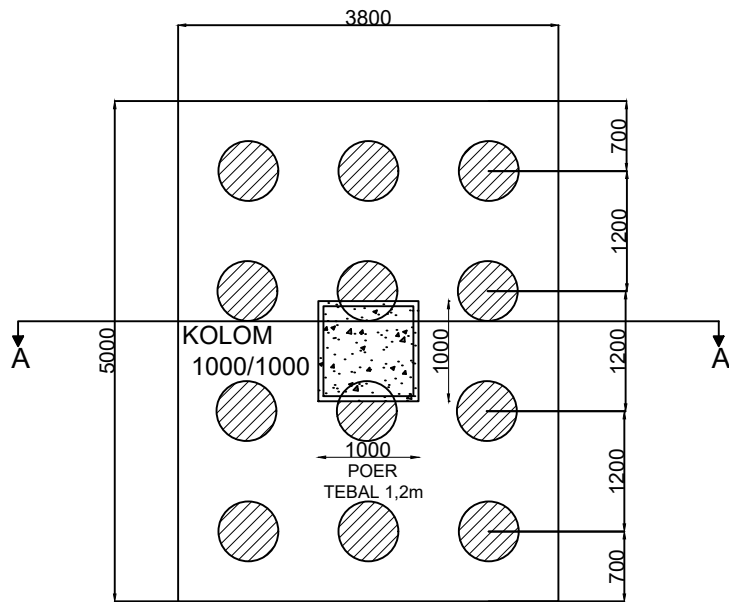



**DETAIL PENULANGAN PLAT BASEMENT**  
**SKALA 1 : 30**  
 Satuan gambar dalam mm

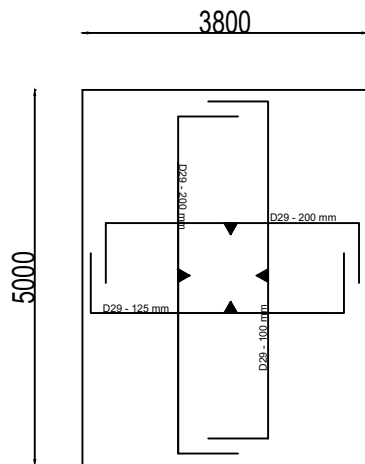


JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

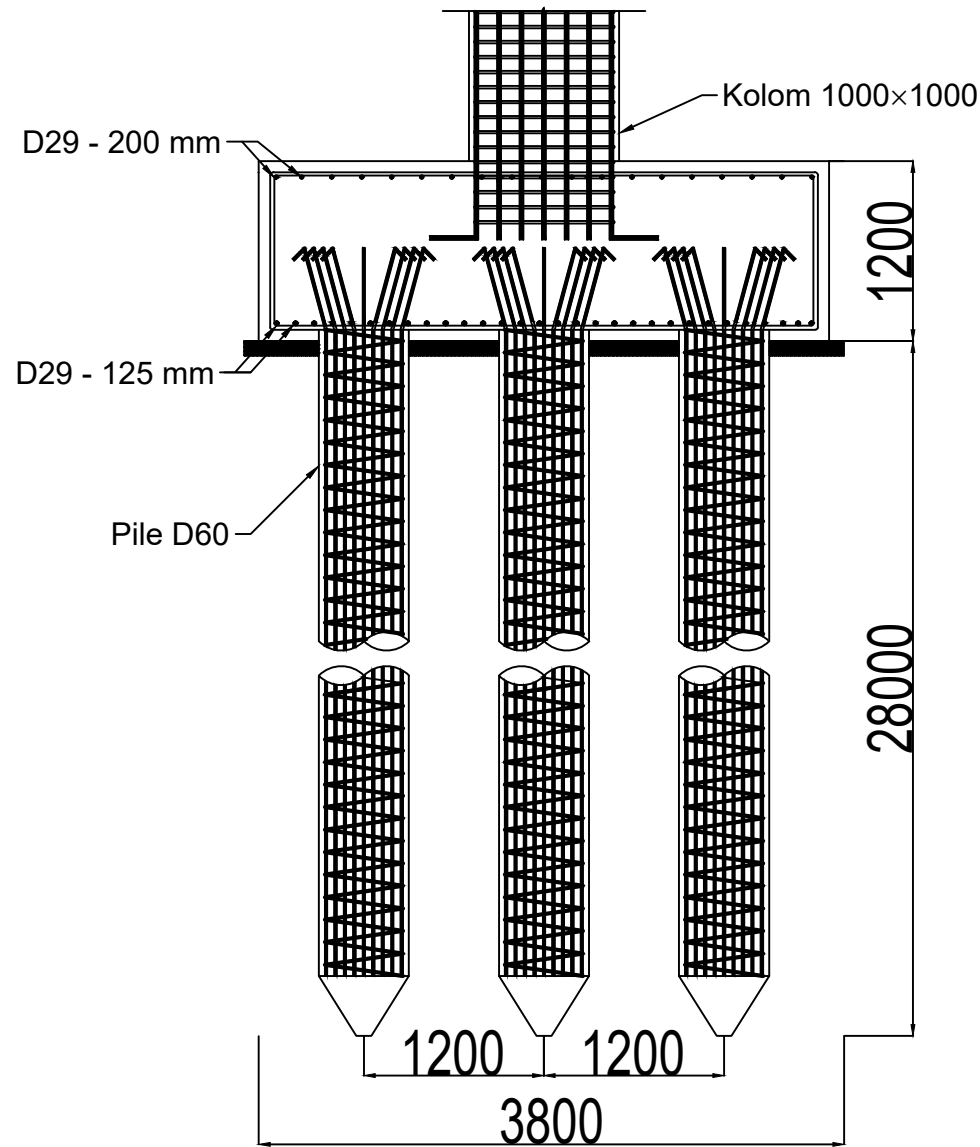
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	PELAT BASEMENT	1 : 30	42	50	Prof. Dr. Ir I G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)



DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 1  
SKALA 1 : 75  
Satuan gambar dalam mm



DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 1  
SKALA 1 : 100  
Satuan gambar dalam mm



DETAIL POTONGAN A-A PONDASI TIPE 1  
SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas  
Tugas Akhir

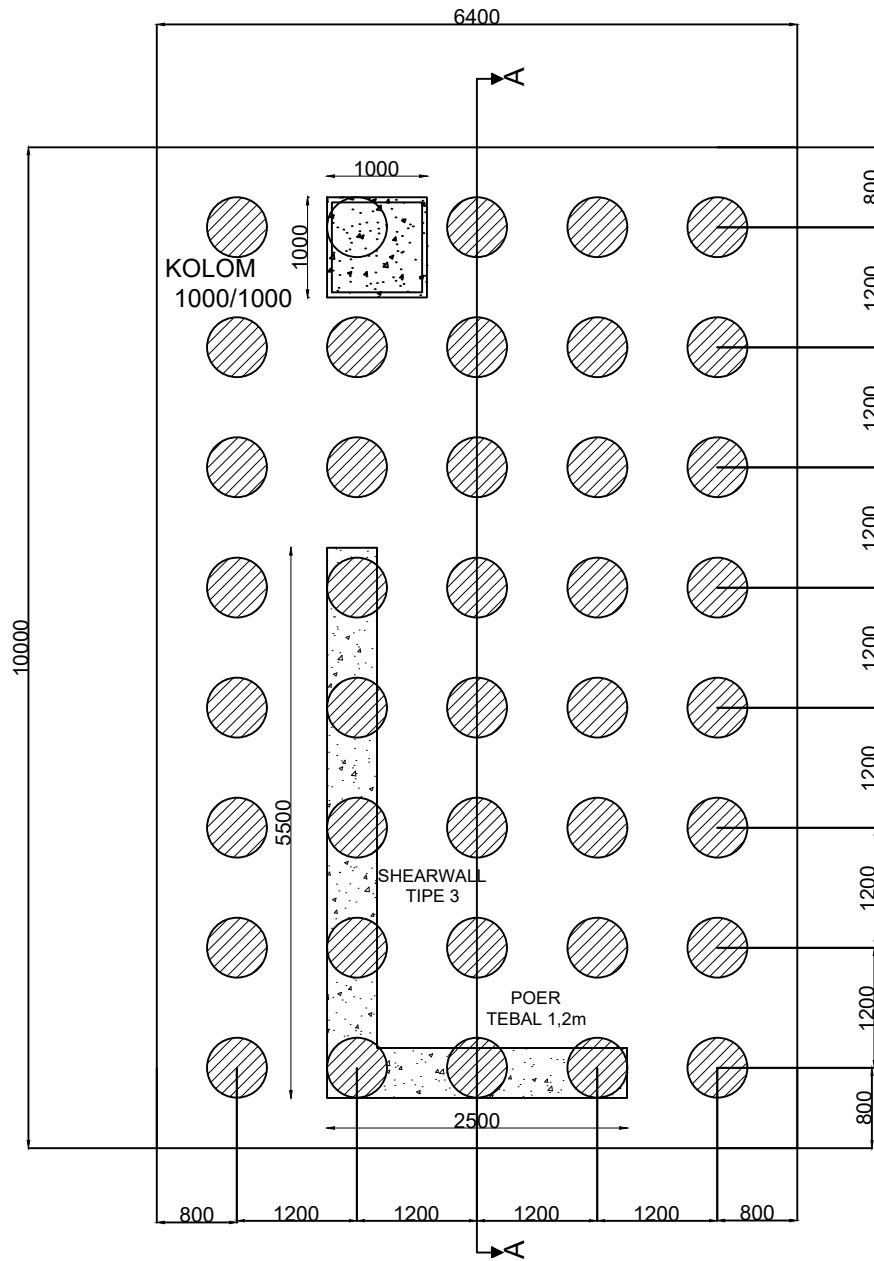
Nama Gambar  
Pondasi Tipe 1

Skala  
1 : 25

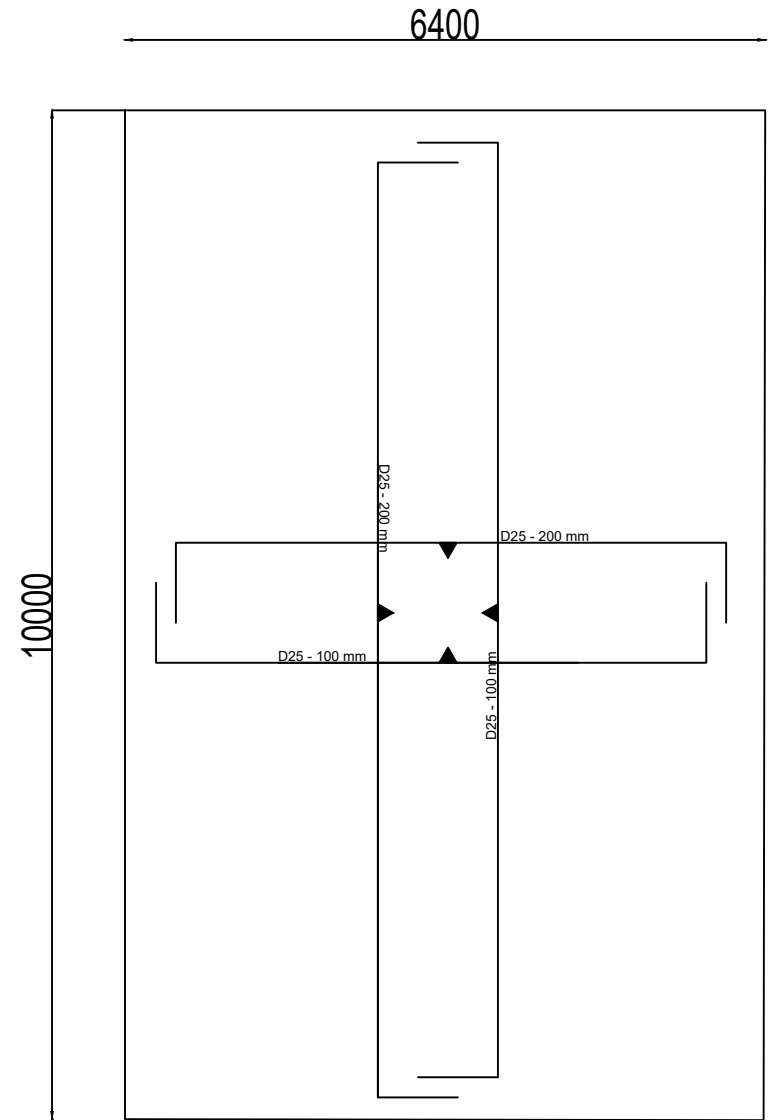
No. Lembar  
Jml Lembar

Dosen pembimbing  
Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Nama & Nrp Mahasiswa  
Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)



DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 2  
SKALA 1 : 75  
Satuan gambar dalam mm



DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 2  
SKALA 1 : 75  
Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Tugas Akhir

Nama Gambar

Detail Penulangan Pondasi  
Tipe 2

Skala

1 : 75

No. Lembar

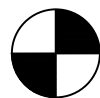
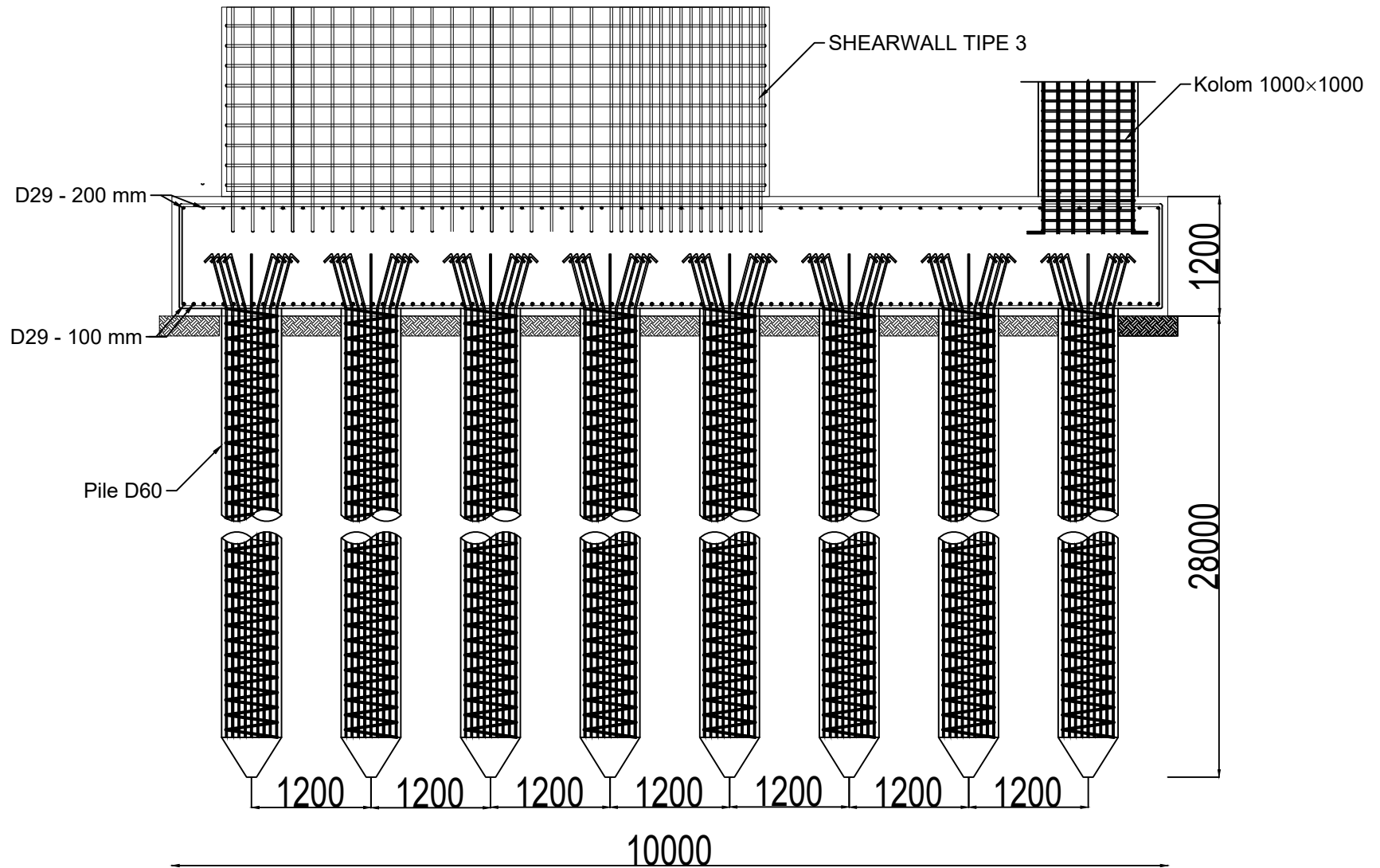
Jml Lembar

Dosen pembimbing

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Nama & Nrp Mahasiswa

Arvida Novia Rahmatika  
(03111540000116)



DETAIL POTONGAN A-A PONDASI TIPE 2

SKALA 1 : 60

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml Lembar

Dosen pembimbing

Nama & Nrp Mahasiswa

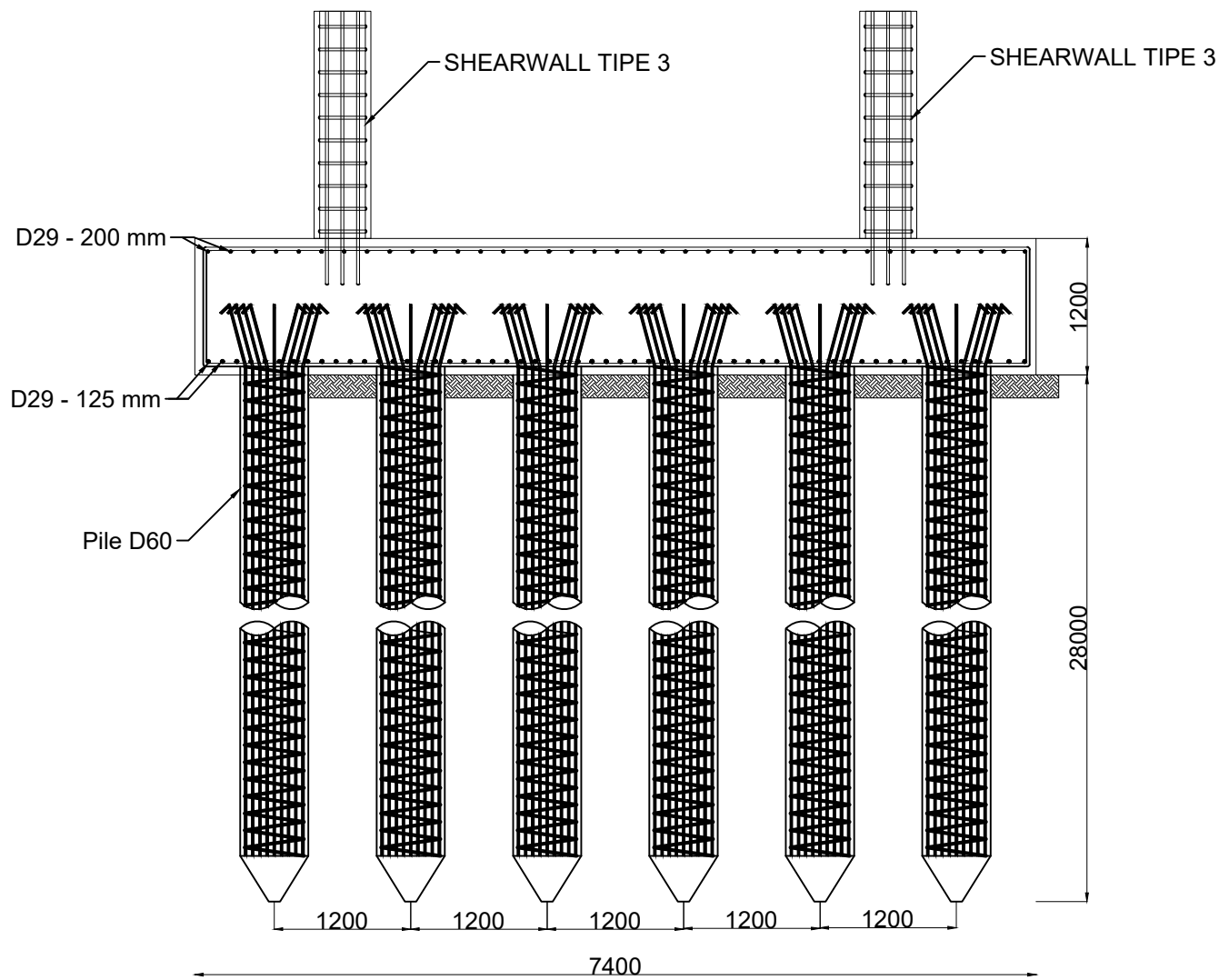
Tugas Akhir

Detail Potongan A-A  
 Pondasi Tipe 2

1 : 60

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)



DETAIL POTONGAN A-A PONDASI TIPE 3

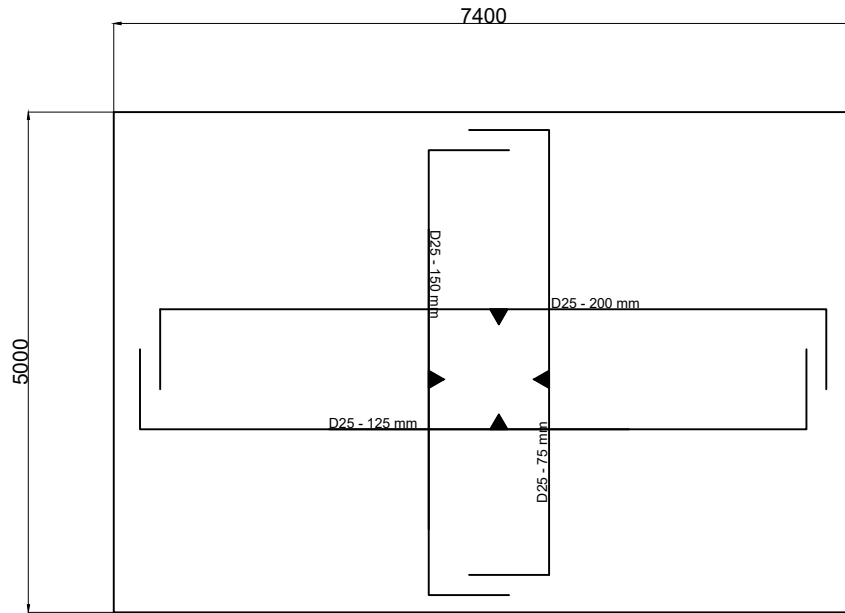
SKALA 1 : 60

Satuan gambar dalam mm

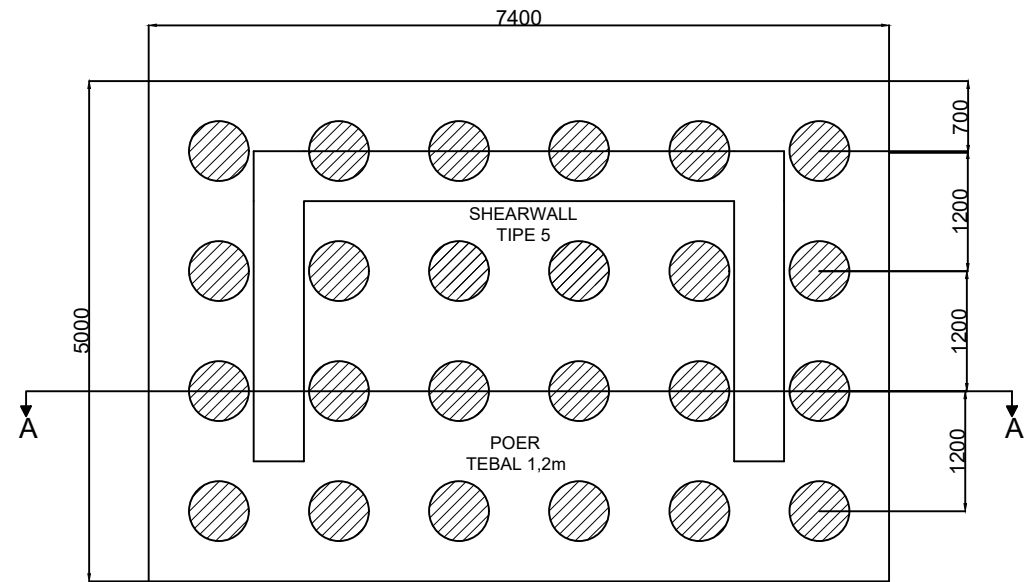


JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail Potongan A-A Pondasi Tipe 3	1 : 60			Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)

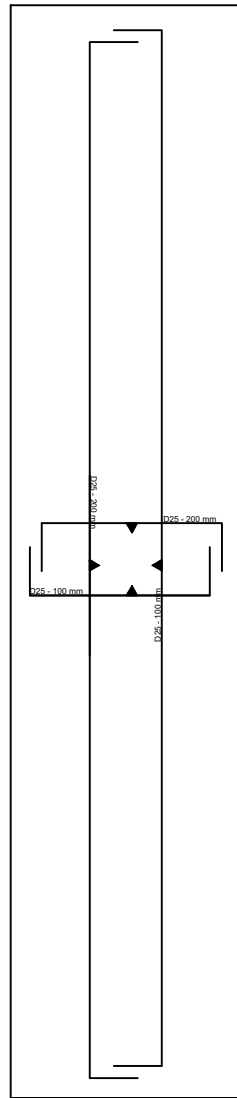



 DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 3  
 SKALA 1 : 75  
 Satuan gambar dalam mm

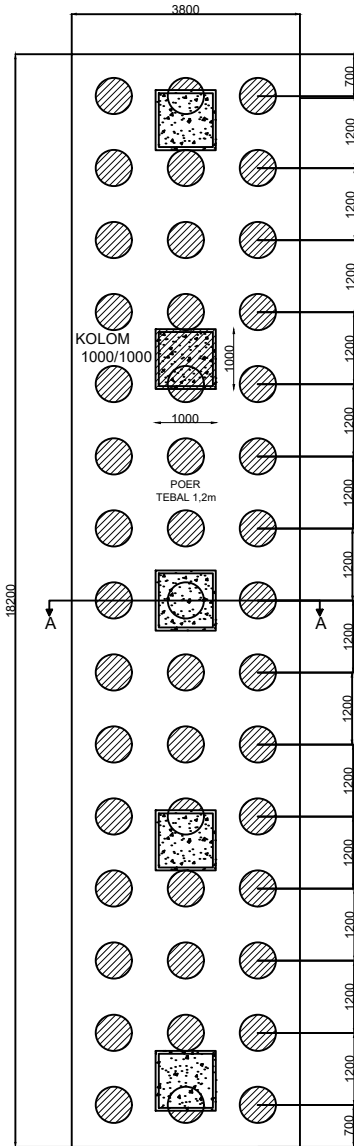



 DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 3  
 SKALA 1 : 75  
 Satuan gambar dalam mm

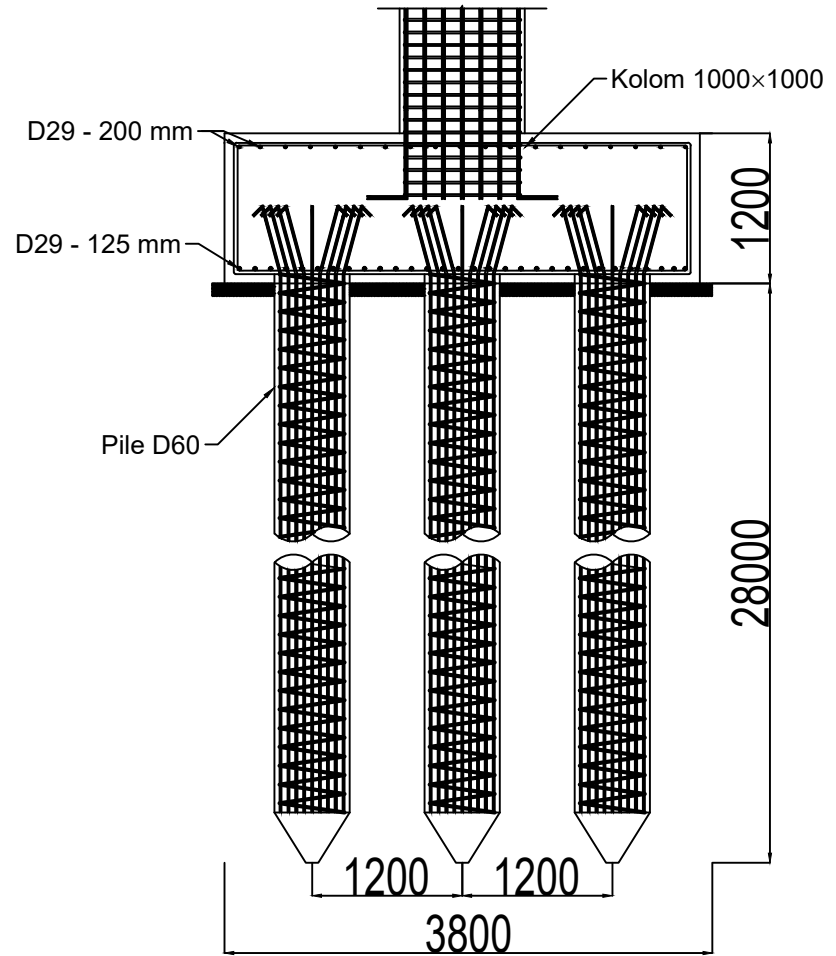




● DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 4  
 SKALA 1 : 125  
 Satuan gambar dalam mm



● DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 4  
 SKALA 1 : 125  
 Satuan gambar dalam mm



DETAIL POTONGAN A-A PONDASI TIPE 4  
 SKALA 1 : 60

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas  
 Tugas Akhir

Nama Gambar  
 Detail Penulangan Pondasi Tipe 4

Skala  
 1 : 60

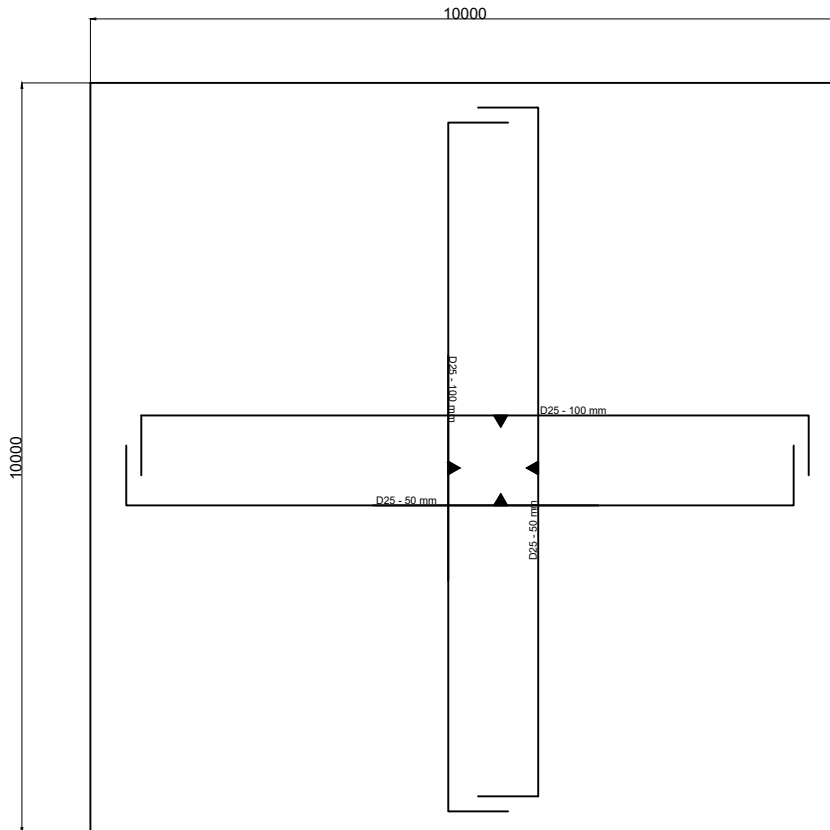
No. Lembar

Jml Lembar

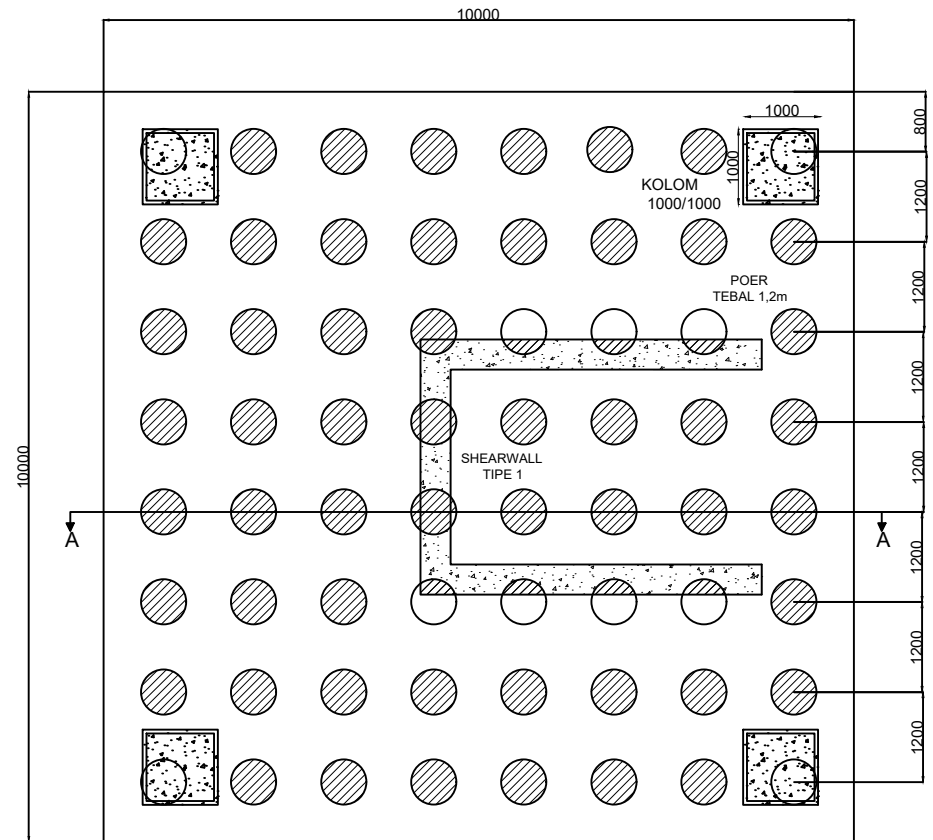
Dosen pembimbing  
 Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S

Nama & Nrp Mahasiswa  
 Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)






 DETAIL PENULANGAN PONDASI TИPE 5  
 SKALA 1 : 100  
 Satuan gambar dalam mm




 DETAIL PENULANGAN PONDASI TИPE 5  
 SKALA 1 : 100  
 Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas  
 Tugas Akhir

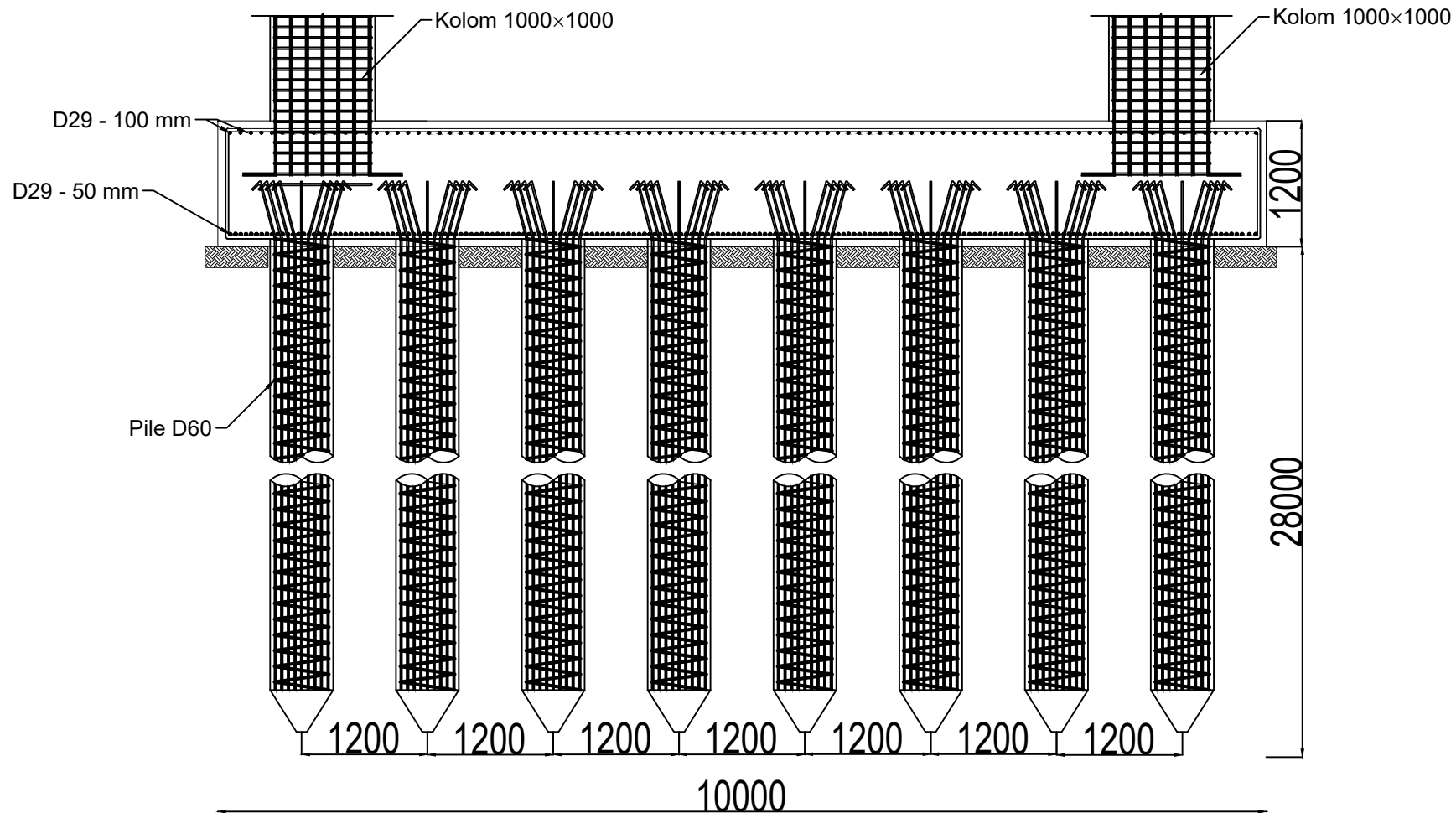
Nama Gambar  
 Detail Penulangan Pilecap  
 Tipe 5

Skala  
 1 : 100

No. Lembar  
 Jml Lembar

Dosen pembimbing  
 Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

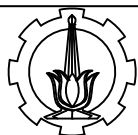
Nama & Nrp Mahasiswa  
 Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)



DETAIL POTONGAN A-A PONDASI TIPE5

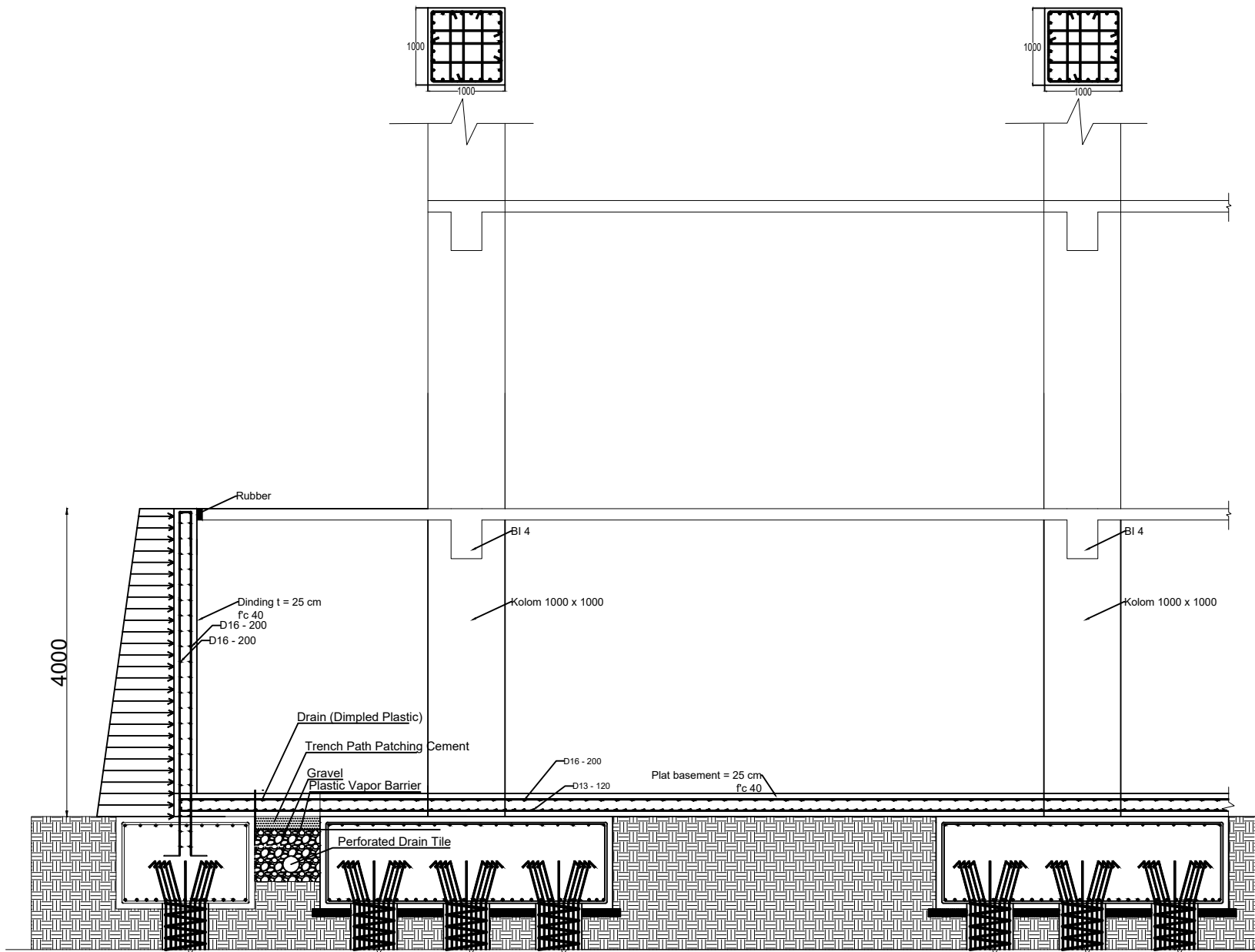
SKALA 1 : 60


Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml Lembar	Dosen pembimbing	Nama & Nrp Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail Potongan A-A Pondasi Tipe 5	1 : 60			Prof. Dr. Ir I.G.P.Raka Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S	Arvida Novia Rahmatika (03111540000116)




 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah  
 SKALA 1 : 75

Satuan gambar dalam mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Tugas Akhir

Nama Gambar

Tampak Samping Dinding Penahan Tanah

Skala

1 : 75

No. Lembar

50

Jml Lembar

50

Dosen pembimbing

Prof. Dr. Ir I G.P.Raka  
 Dr. Ir. Djoko Irawan , M.S

Nama & Nrp Mahasiswa

Arvida Novia Rahmatika  
 (03111540000116)

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Arvida Novia Rahmatika dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 6 November 1996. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara pasangan Rahmat Kurniawan dan Saidah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDI Al-Falah 1 Pagi, MTs. Al-Falah dan SMAN 112 Jakarta. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) Surabaya melalui program SBMPTN 2015 dan terdaftar dengan NRP. 03111540000116. Selama menempuh studi, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan dengan ranah departemen dalam negeri Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS), mengikuti *spring program* di Kumamoto University, *summer school* di NCHU Taiwan pada tahun 2019 dan aktif dalam berbagai kepanitiaan. Penulis adalah Mahasiswa program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur dengan mengambil judul tugas akhir “**Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung 1 Park Avenue Jakarta Menggunakan Elemen Pracetak dan Hollow Core Slab**”.

Narahubung

Email : arvida.novia14@gmail.com