



TUGAS AKHIR - RC184803

**DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG OFFICE  
TOWER CAPITAL SQUARE SURABAYA  
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK  
DAN SISTEM GANDA**

MUHAMMAD TAUFIK  
NRP. 0311154000128

Dosen Pembimbing  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

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





TUGAS AKHIR - RC184803

**DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG OFFICE  
TOWER CAPITAL SQUARE SURABAYA  
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK  
DAN SISTEM GANDA**

MUHAMMAD TAUFIK  
NRP. 03111540000128

Dosen Pembimbing  
Bambang Pisceca, ST., MT., Ph.D.

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

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



FINAL PROJECT - RC184803

**REDESIGN STRUCTURE OF OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA USING PRECAST  
METHOD AND DUAL SYSTEM**

MUHAMMAD TAUFIK  
NRP. 03111540000128

Advisor  
Bambang Pisceca, ST., MT., Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering, Environment and Geo-Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DAN SISTEM GANDA**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD TAUFIK**  
NRP. 031115 40000 128

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir:

Bambang Piscesa, S.T., M. Ph.D.



**SURABAYA**

**JULI, 2019**

# **DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG OFFICE TOWER CAPITAL SQUARE SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN SISTEM GANDA**

**Nama** : **Muhammad Taufik**  
**NRP** : **03111540000128**  
**Departemen** : **Teknik Sipil FTSLK-ITS**  
**Dosen Konsultasi** : **Bambang Pisceca, ST, MT, Ph.D**

## **Abstrak**

Dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan struktur gedung office tower Capital Square Surabaya dengan menggunakan beton pracetak. Metode pracetak memiliki konstruksi yang lebih cepat dan kualitas yang lebih baik daripada beton konvensional. Oleh karena itu, metode pracetak ini dapat direkomendasikan untuk konstruksi gedung office tower Capital Square Surabaya dengan pertimbangan konstruksi dengan metode pracetak memiliki konstruksi yang lebih cepat dan efisien.

Adapun hasil dari penulisan tugas akhir ini yaitu untuk mengevaluasi perilaku struktur pada pelaksanaan bertahap dengan menggunakan beton pracetak dengan sambungan basah agar mendekati perilaku monolit. Gedung ini dirancang menggunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah yang mana 25 persen gaya gempa akan dipikul oleh rangka dan 75 persen gaya gempa dipikul oleh dinding geser.



Perencanaan gedung office tower Capital Square Surabaya dengan metode pracetak akan diharapkan mampu menahan gaya-gaya yang ada dengan waktu yang lebih cepat daripada beton konvensional dan sebagai hasil akhirnya akan diwujudkan dalam bentuk gambar perencanaan.

Hasil dari desain ulang Gedung office tower Capital Square Surabaya ini meliputi ukuran balok induk 60/85 dan 45/70, ukuran balok anak 45/65 dan 30/45, ukuran kolom 130/130, dan dinding geser dengan ketebalan 40 cm. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah, *beam ledges* dan konsol pendek.

**Kata Kunci : Desain Ulang, Beton Pracetak, Sistem Ganda**

# **DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG OFFICE TOWER CAPITAL SQUARE SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN SISTEM GANDA**

**Name** : **Muhammad Taufik**  
**NRP** : **0311154000128**  
**Departmen** : **Teknik Sipil FTSLK-ITS**  
**Advisor** : **Bambang Pisceca, ST, MT, Ph.D**

## **Abstrak**

In this final project, structure of office tower Capital Square Surabaya will be designed with precast method. Precast method has faster time constuction and better quality than conventional method. Therefore, precast method can be recommended for construction of office tower Capital Square Surabaya with the consideration of faster time construction and more efficient construction.

The result of this assignment are to evaluate behavior of structure in construction by using precast method with wet joint to approach monolithic behavior. This building will be bulit by using dual system with intermediate moment bearer frame where 25 percent of earthquake force will be carried by the frame and 75 percent of earthquake force will be carried by shear wall.

Design of office tower Capital Square Surabaya with precast method is expected to be able to withstand load at a faster time than

conventional method and the result of designing will be realized in planning drawings.

Results from redesigning office tower Capital Square Surabaya include primary beam size 60/85 and 45/70, secondary beam size 45/65 and 30/45, column size 130/130 and shear wall with a thickness of 40 cm. Connection between precast element use wet connection, beam ledges and short consoles.

**Kata Kunci : Redesign, Precast, Dual System**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur dihadapan Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkah dan Anugerah-Nyalah kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Dalam penyelesaiannya sudah tentu kami banyak mendapatkan kesulitan-kesulitan, namun atas bantuan beberapa pihak tugas ini dapat terselesaikan. Untuk itu, pada kesempatan kali ini ijinilah kami menghaturkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan dorongan moral dan selalu mendoakan penulis dalam menyelesaikan berbagai tanggung jawab
2. Bapak Bambang Pisceca, ST., MT., Ph.D. selaku dosen konsultasi yang telah membimbing dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D. selaku dosen wali penulis
4. Semua pihak yang selalu memberi dukungan untuk penulis selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini, semoga jasa dan bantuannya dapat dibalas pula kebaikan oleh Allah SWT.

Penulis sadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan guna menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini berguna bagi pembaca.

Surabaya, Mei 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xx
DAFTAR TABEL .....	xxii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.2.1 Umum.....	2
1.2.2 Khusus .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.3.1 Umum.....	2
1.3.2 Khusus .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Sistem Untuk Gedung.....	6
2.2.1 Sistem Pemikul Rangka.....	6
2.2.2 Dinding Geser.....	7
2.2.3 Sistem Ganda.....	7
2.3 Sistem Pracetak .....	7

2.4	Data Perencanaan .....	7
2.5	Penentuan Kriteria Desain .....	7
2.6	<i>Preliminary Design</i> .....	11
2.6.1	Perencanaan Dimensi Kolom .....	11
2.6.2	Perencanaan Dimensi Balok Induk.....	11
2.7	Perhitungan Struktur Sekunder.....	11
2.7.1	Perencanaan Pelat .....	11
2.7.1.1	Kontrol Kuat Geser Hollow Core Slab.....	12
2.7.1.2	Kontrol Kuat Lentur Hollow Core Slab .....	13
2.7.2	Perencanaan Balok Anak.....	13
2.7.3	Perencanaan Tangga.....	13
2.7.4	Perencanaan Lift.....	14
2.7.5	Pembebanan.....	14
2.7.5.1	Beban Statis .....	14
2.7.5.2	Beban Gempa .....	15
2.8	Permodelan dan Analisa Struktur .....	17
2.9	Perhitungan Struktur Utama .....	18
2.9.1	Pembebanan.....	18
2.9.1.1	Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk .....	18
2.9.1.2	Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk.....	20
2.9.1.3	Kontrol Torsi .....	21
2.9.2	Perencanaan Kolom.....	21
2.9.2.1	Persyaratan “Strong Column Weak Beams” .....	22
2.9.3	Perencanaan Struktur Dinding Geser .....	22

2.9.3.1 Kuat Aksial Rencana .....	22
2.9.3.2 Pemeriksaan Tebal Dinding.....	22
2.9.3.3 Kuat Geser Beton .....	22
2.9.3.4 Keperluan Penulangan Geser.....	23
2.9.3.5 Penulangan Geser Horizontal .....	23
2.9.3.6 Penulangan Geser Vertikal .....	23
2.10 Perencanaan Sambungan .....	23
2.10.1 Perencanaan Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom.....	24
2.10.2 Perencanaan Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak .....	26
2.10.3 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak .....	28
2.11 Tinjauan Elemen Pracetak.....	29
2.11.1 Proses Produksi Elemen Beton Pracetak .....	29
2.12 Pengangkatan Elemen Pracetak.....	30
2.12.1 Pengangkatan Pelat Pracetak.....	30
2.12.2 Pengangkatan Balok Pracetak .....	31
2.13 Proses Pemasangan Elemen Beton Pracetak .....	33
2.13.1 Pekerjaan Elemen Kolom .....	33
2.13.2 Pekerjaan Elemen Balok Pracetak.....	33
2.13.3 Pekerjaan Tangga .....	33
2.13.4 Pemasangan Pelat Pracetak .....	34
2.14 Perencanaan Pondasi .....	35
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>39</b>



3.1	Pengumpulan Data.....	40
3.2	Studi Literatur.....	40
3.3	Preliminary Design.....	40
3.4	Perhitungan Struktur Sekunder.....	41
3.5	Pembebanan.....	41
3.6	Permodelan dan Analisis Struktur.....	41
3.7	Perhitungan Struktur Utama.....	41
3.8	Perencanaan Sambungan.....	42
3.9	Perencanaan Basement dan Pondasi.....	43
3.10	Metode Pelaksanaan.....	43
3.11	Gambar Rencana.....	43
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		45
4.1	Preliminary Design.....	45
4.1.1	Umum.....	45
4.1.2	Data Perencanaan.....	45
4.1.3	Pembebanan.....	46
4.1.4	Perencanaan Dimensi Balok.....	46
4.1.4.1	Dimensi Balok Induk.....	47
4.1.4.2	Dimensi Balok Anak.....	48
4.1.5	Perencanaan Dimensi Pelat Hollow Core Slab.....	49
4.1.6	Perencanaan Dimensi Kolom.....	50
4.1.7	Perencanaan Tebal Dinding Geser.....	53
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder.....	53
4.2.1	Perencanaan Pelat.....	53

4.2.1.1 Data Perencanaan Pelat Hollow Core Slab.....	53
4.2.1.2 Pembebanan Pelat.....	54
4.2.1.3 Desain Kuat Lentur.....	54
4.2.1.4 Desain Kuat Geser .....	55
4.2.1.5 Data Kontrol Prategang Hollow Core Slab .....	55
4.2.1.5.1 Kontrol Kehilangan Prategang .....	56
4.2.1.5.2 Kontrol Defleksi Hollow Core Slab .....	60
4.2.1.6 Perencanaan Tulangan Angkat Pelat .....	61
4.2.2 Perencanana Balok Anak Pracetak .....	64
4.2.2.1 Dimensi Awal.....	64
4.2.2.2 Pembebanan Balok Anak .....	64
4.2.2.3 Perhitungan Momen dan Gaya Geser.....	66
4.2.2.4 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak .....	67
4.2.2.5 Perhitungan Tulangan Geser .....	69
4.2.2.6 Perencanaan Tulangan Angkat Balok Anak .....	70
4.2.2.7 Penulangan Balok Anak yang Terpasang.....	72
4.2.3 Perencanaan Tangga.....	73
4.2.3.1 Dimensi Awal.....	73
4.2.3.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur .....	74
4.2.3.3 Analisa Gaya Dalam.....	75
4.2.3.4 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes.....	80
4.2.4 Perencanaan Balok Lift .....	87
4.2.4.1 Data Perencanaan .....	87
4.2.4.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift.....	90

4.2.4.3	Pembebanan Lift.....	90
4.2.4.4	Balok Penggantung Lift.....	91
4.2.4.5	Balok Penumpu Depan dan Belakang Lift .....	95
4.3	Permodelan Struktur.....	98
4.3.1	Umum.....	98
4.3.2	Data-Data Perencanaan .....	98
4.3.3	Perhitungan Beban Gravitasi.....	99
4.3.4	Kombinasi Beban .....	100
4.3.5	Analisa Beban Gempa .....	102
4.3.5.1	Percepatan Respon Spektrum .....	102
4.3.6	Pembebanan Gaya Dinamis.....	106
4.3.6.1	Arah Pembebanan.....	107
4.3.6.2	Faktor Reduksi Gempa .....	107
4.3.6.3	Faktor Keutamaan .....	107
4.3.7	Kontrol Desain.....	107
4.3.7.1	Kontrol Beban Gravitasi.....	108
4.3.7.2	Kontrol Sistem Rangka Gedung .....	109
4.3.7.3	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	109
4.3.7.4	Kontrol Respon Seismik.....	111
4.3.7.5	Kontrol Batas Simpangan antar Lantai.....	114
4.3.7.6	Kontrol Partisipasi Massa.....	121
4.4	Struktur Utama .....	122
4.4.1	Umum.....	122
4.4.2	Perencanaan Balok Induk .....	122

4.4.2.1 Penulangan Lentur Balok Induk .....	122
4.4.2.2 Penulangan Lentur Balok Induk Melintang Sebelum Komposit .....	123
4.4.2.3 Penulangan Lentur Setelah Komposit .....	127
4.4.2.4 Penulangan Geser dan Torsi .....	137
4.4.2.5 Perhitungan Penulangan Torsi .....	140
4.4.2.6 Tulangan Angkat Balok Induk .....	143
4.4.2.7 Penulangan Balok Induk yang Terpasang .....	146
4.4.3 Perencanaan Kolom .....	147
4.4.3.1 Data Perencanaan Kolom .....	148
4.4.3.2 Kontrol Desain .....	148
4.4.3.3 Perhitungan Penulangan Kolom .....	149
4.4.3.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom .....	150
4.4.3.5 Persyaratan Strong Column Weak Beam .....	150
4.4.3.6 Kontrol Persyaratan Kolom Terhadap Gaya Geser Rencana .....	153
4.4.3.7 Pengekang Kolom .....	154
4.4.3.8 Panjang Lewatan pada Sambungan Tulangan Kolom ..	157
4.4.3.9 Penulangan Kolom yang Terpasang .....	158
4.4.4 Perencanaan Dinding Geser .....	159
4.4.4.1 Data Perencanaan .....	160
4.4.4.2 Kuat Aksial Rencana .....	160
4.4.4.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser .....	161
4.4.4.4 Kuat Geser Beton .....	161
4.4.4.5 Penulangan Geser Dinding Geser .....	162

4.4.4.6	Penulangan Geser Horizontal .....	162
4.4.4.7	Kontrol Tulangan Penahan Aksial dan Lentur .....	164
4.5	Perencanaan Sambungan .....	165
4.5.1	Umum.....	165
4.5.2	Konsep Desain Sambungan .....	166
4.5.2.1	Mekanisme Pemindahan Beban.....	166
4.5.3	Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Kolom. ....	167
4.5.3.1	Perencanaan Konsol pada Kolom.....	167
4.5.3.2	Perhitungan Konsol pada Kolom.....	168
4.5.3.3	Perhitungan Sambungan Balok dan Kolom.....	172
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak .....	174
4.5.4.1	Perencanaan <i>Beam Ledges</i> pada Balok Induk .....	174
4.5.4.2	Perhitungan <i>Beam Ledges</i> .....	175
4.5.4.3	Perhitungan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	175
4.5.5	Perencanaan Sambungan Pelat Hollow Core dengan Balok .....	184
4.5.5.1	Panjang Penyaluran Pelat .....	185
4.6	Perencanaan Basement .....	186
4.6.1	Penulangan Dinding Basement.....	186
4.6.2	Perencanaan Pelat Lantai Basement .....	190
4.6.2.1	Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement.....	197
4.7	Perencanaan Pondasi .....	198
4.7.1	Umum.....	198

4.7.2	Data Tanah.....	198
4.7.3	Spesifikasi Tiang Pancang.....	198
4.7.4	Daya Dukung.....	199
4.7.4.1	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	199
4.7.4.2	Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang .....	202
4.7.4.3	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok .....	202
4.7.4.4	Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral.....	204
4.7.5	Perencanaan Poer Kolom .....	209
4.7.5.1	Kontrol Geser Pons.....	209
4.7.5.2	Perencanaan Balok Tinggi Poer .....	213
4.7.5.2.1	Perencanaan Balok Tinggi Kolom .....	214
4.7.5.2.2	Perencanaan Balok Tinggi Memanjang SW.....	219
4.7.5.2.3	Perencanaan Balok Tinggi Melintang SW1 .....	225
4.7.5.2.4	Perencanaan Balok Tinggi Melintang SW2 .....	229
4.7.5.3	Kontrol Geser Pons Kolom Interior.....	212
4.7.6	Perencanaan Balok Sloof.....	235
4.7.7	Penulangan Tusuk Konde.....	238
4.7.8	Perencanaan Pit Lift .....	239
4.8	Metode Pelaksanaan Konstruksi.....	241
4.8.1	Umum.....	241
4.8.1.1	Pengangkatan dan Penempatan Crane.....	242
4.8.1.2	Pekerjaan Elemen Kolom .....	242
4.8.1.3	Pekerjaan Elemen Balok Induk .....	242
4.8.1.4	Pekerjaan Elemen Balok Anak .....	243

4.8.1.5 Pemasangan Pelat .....	243
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>245</b>
5.1 Kesimpulan.....	245
5.2 Saran .....	247
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>249</b>

### **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Penampang Hollow Core Slab PT Wika Beton Tbk 11	
Gambar 2.2 Sambungan Balok dengan Kolom .....	24
Gambar 2.3 Parameter Geometri Konsol Pendek.....	25
Gambar 2.4 Hubungan Balok Kolom.....	26
Gambar 2.5 Sambungan Pelat dan Balok.....	27
Gambar 2.6 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	28
Gambar 2.7 Diagram Alir Fabrikasi Elemen Pracetak.....	30
Gambar 2.8 Posisi Titik Angkat Pelat .....	31
Gambar 2.9 Titik- Titik Angkat dan Sokongan Sementara untuk produk Pracetak Balok.....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penyelesaian Tugas Akhir....	39
Gambar 3.2 Sambungan Basah .....	42
Gambar 4.1 Denah Pembalokan .....	47
Gambar 4.2 Cross Section Hollow Core Slab dengan Tebal 150 mm .....	49
Gambar 4.3 Faktor Pembesaran untuk Jangka Panjang .....	60
Gambar 4.4 Model Pengangkatan Pelat .....	62
Gambar 4.5 Model Pengangkatan Balok.....	70
Gambar 4.6 Letak Titik Pengangkatan.....	71
Gambar 4.7 Perencanaan Tangga.....	74
Gambar 4.8 Sketsa Beban pada Tangga.....	76
Gambar 4.9 Bidang D Tangga.....	78
Gambar 4.10 Bidang M Tangga .....	79
Gambar 4.11 Bidang N Tangga.....	79

Gambar 4.12 Ruang Lift.....	92
Gambar 4.13 Permodelan 3D Struktur Utama .....	99
Gambar 4.14 Peta Untuk Menentukan Harga Ss.....	102
Gambar 4.15 Peta Untuk Menentukan Harga S1 .....	103
Gambar 4.16 Grafik Respon Spektrum Daerah Cilacap .....	105
Gambar 4.17 Detail Pembalokan.....	123
Gambar 4.18 Pembebanan B1 Sebelum Komposit .....	124
Gambar 4.19 Model Pengangkatan Balok.....	143
Gambar 4.20 Letak Titik Pengangkatan .....	144
Gambar 4.21 Diagram Interaksi P-M pada Kolom .....	149
Gambar 4.22 Ilustrasi Kuat Momen yang bertemu di HBK.....	151
Gambar 4.23 Penempatan Dinding Geser .....	159
Gambar 4.24 Diagram Interaksi P-M Dinding Geser.....	164
Gambar 4.25 Mekanisme Pemindahan Beton .....	166
Gambar 4.26 Geometrik Konsol Pendek.....	168
Gambar 4.27 Detail Batang Tulangan dengan Kait Standar .....	174
Gambar 4.28 Detail Batang Tulangan dengan Kait Standar .....	184
Gambar 4.29 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	199
Gambar 4.30 Konfigurasi Tiang Pancang .....	203
Gambar 4.31 Diagram Gaya Lateral Tiang .....	204
Gambar 4.32 Grafik Immediate Settlement of Isolate Footing .	206
Gambar 4.33 Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile.....	207
Gambar 4.34 Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile.....	208
Gambar 4.35 Sketsa Balok Tinggi .....	215
Gambar 4.36 Gaya pada Strut and Tie .....	215
Gambar 4.37 Bottle Shaped Strut.....	217
Gambar 4.38 Sketsa Balok Tinggi .....	220
Gambar 4.39 Gaya pada strut and tie .....	220
Gambar 4.40 Sketsa Balok Tinggi .....	226
Gambar 4.41 Gaya pada strut and tie .....	226
Gambar 4.42 Sketsa Balok Tinggi .....	230



Gambar 4.43 Gaya pada strut and tie .....	231
Gambar 4.44 Diagram Interaksi P-M Balok Sloof .....	237
Gambar 4.45 Diagram Interaksi P-M Balok Sloof .....	238

### **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Perioda 1 detik .....	7
Tabel 2.2 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada perioda 1 detik .....	8
Tabel 2.3 Batasan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda Terhadap Tinggi Struktur .....	8
Tabel 2.4 Spesifikasi Hollow Core Slab PT. Wika Beton Tbk ...	11
Tabel 2.5 Beban Mati pada Struktur.....	15
Tabel 2.6 Beban Hidup pada Struktur .....	15
Tabel 2.7 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis.....	32
Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	48
Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak .....	49
Tabel 4.3 Data Pelat Hollow Core yang Digunakan .....	50
Tabel 4.4 Beban pada Lantai 2-8.....	50
Tabel 4.5 Beban pada Lantai 9-16.....	51
Tabel 4.6 Beban pada Atap .....	51
Tabel 4.7 Beban pada Lantai 1 .....	52
Tabel 4.8 Tabel Kre dan J dengan Beberapa Tipe Tendon .....	59
Tabel 4.9 Tabel Nilai C .....	59
Tabel 4.10 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak.....	72
Tabel 4.11 Spesifikasi C300 Pasesenger Elevator .....	88
Tabel 4. 12 Koefisien Situs Fa .....	104
Tabel 4. 13 Koefisien Situs Fv .....	104
Tabel 4.14 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada perioda 0,2 detik .....	106
Tabel 4.15 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Perioda 1 detik .....	106

Tabel 4.16 Total Beban Hidup dan beban Mati Perhitungan Manual .....	108
Tabel 4.17 Pembebanan Gravitasi pada ETABS.....	108
Tabel 4.18 Persentase Gaya Geser yang Mampu Dipikul Sistem Struktur .....	109
Tabel 4.19 Nilai Parameter Pendekatan $C_1$ dan $x$ .....	110
Tabel 4.20 Koefisien Batas Atas dari Peridoe yang Dihitung...	110
Tabel 4.21 Modal Periode dan rekuensi Struktur .....	111
Tabel 4.22 Reaksi Dasar Struktur.....	112
Tabel 4.23 Gaya Geser Dasat Akibat Beban Gempa .....	112
Tabel 4.24 Gaya Geser Dsar Akibat Beban Gempa Dikalikan dengan Faktor Skala .....	113
Tabel 4.25 Simpangan Antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban .....	116
Tabel 4.26 Kontrol Simpangan Arah X akibat Beban Gempa Arah $x$ .....	117
Tabel 4.27 Kontrol Simpangan Arah Y akibat Beban Gempa Arah $x$ .....	118
Tabel 4.28 Kontrol Simpangan Arah Y akibat Beban Gempa Arah Y .....	119
Tabel 4.29 Kontrol Simpangan Arah X akibat Beban Gempa Arah Y .....	120
Tabel 4.30 Modal Rasio Partisipasi Massa.....	121
Tabel 4.31 Perhitungan Mpr Balok Induk B1 .....	137
Tabel 4.32 Penulangan Balok Induk Daerah Lapangan .....	146
Tabel 4.33 Penulangan Balok Induk Daerah Tumpuan.....	147
Tabel 4.34 Gaya dalam Kolom.....	148
Tabel 4.35 Penulangan Kolom .....	158
Tabel 4.36 Rekapitulasi Penulangan Pelat .....	199
Tabel 4.37 Perhtiungan Daya Dukung Tanah .....	201
Tabel 4.38 Perhitungan Perencanaan Poer .....	234
Tabel 4.39 Gaya pada Tiang.....	238
Tabel 4.40 Spesifikasi Lift .....	240

Tabel 5.1 Dimensi Struktur Sekunder .....	245
Tabel 5.2 Dimensi Struktur Primer .....	246

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gedung *office tower Capital Square* Surabaya merupakan bangunan dengan tinggi 35 lantai dan 1 *basement* yang terletak di jalan HR. Muhammad Surabaya. Gedung ini dibangun menggunakan metode pengecoran beton konvensional. Bangunan tersebut dibangun menggunakan *core wall* yang digunakan sebagai dinding yang mampu menahan gaya lateral akibat gempa.

Metode alternatif yang bisa digunakan untuk merancang gedung ini adalah metode perancangan gedung menggunakan sistem beton pracetak. Sistem pracetak memiliki kelebihan dan kekurangan jika dibandingkan dengan sistem konvensional. Kelebihannya adalah dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek, lebih praktis, dan biaya semakin hemat pada jumlah pemakaian elemen yang semakin banyak dengan tipe berulang. Kekurangannya adalah pada ketidakmampuan beton dalam menahan gaya lateral (Dora, 2006). Pada perencanaan ini akan digunakan sistem ganda dengan rangka menahan paling sedikit 25 persen gaya lateral yang diterapkan. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, elemen beton pracetak dibuat tipikal dan diseragamkan pada tulangnya. Sambungan yang digunakan pada elemen beton pracetak adalah sambungan basah agar mendapatkan perilaku mendekati monolit.

Dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi pada gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya setinggi 16 lantai dan 1 *basement* yang pada awalnya menggunakan metode pengecoran beton konvensional dengan *core wall* menjadi beton pracetak dengan *shear wall*. Gedung sendiri akan direncanakan menggunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus dan *shear wall*. Gedung direncanakan dibangun di Cilacap.

## **1.2 Perumusan masalah**

### **1.2.1 Umum**

Perumusan masalah secara umum dari perencanaan Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya adalah bagaimana merencanakan *Office Tower Capital Square* Surabaya yang semula menggunakan metode pengecoran beton konvensional menjadi metode konstruksi beton pracetak ?

### **1.2.2 Khusus**

1. Bagaimana menentukan preliminary design dari struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai ?
2. Bagaimana pembebanan setelah perencanaan ulang Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya ?
3. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya?
4. Bagaimana merencanakan dimensi beton pracetak yang efisien dan efektif sehingga dapat menahan beban yang diberikan oleh Gedung perkantoran ?
5. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen yang efektif ?
6. Bagaimana merancang pondasi dan struktur *basement* dari Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya dengan kondisi tanah yang ada ?
7. Bagaimana membuat gambar teknik dari hasil analisa struktur Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya menggunakan metode beton pracetak ?

## **1.3 Tujuan**

### **1.3.1 Umum**

Tujuan umum dari perencanaan Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya adalah dapat merencanakan Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya yang semula menggunakan

metode pengecoran beton konvensional menjadi metode konstruksi beton pracetak

### **1.3.2 Khusus**

1. Menentukan preliminary design dari struktur primer dan struktur sekunder dari Gedung *Office Tower Capital Square Surabaya*
2. Menghitung pembebanan setelah melakukan perencanaan ulang *Office Tower Capital Square Surabaya*
3. Melakukan analisa permodelan struktur Gedung *Office Tower Capital Square Surabaya*
4. Menentukan dimensi elemen beton pracetak yang efisien dan efektif untuk Gedung *Office Tower Capital Square Surabaya*
5. Menentukan jenis sambungan dari elemen elemen pracetak
6. Merancang pondasi dan struktur *basement* dari Gedung *Office Tower Capital Square Surabaya*
7. Membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Gedung *Office Tower Capital Square Surabaya*

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam perencanaan Gedung *Office Tower Capital Square Surabaya* adalah

1. Dalam perencanaan gedung *Office Tower Capital Square Surabaya* yang direncanakan menggunakan teknologi pracetak hanya pada bagian balok induk, balok anak dan pelat, sedangkan untuk *shear wall* ,kolom dan tangga menggunakan sistem cor setempat.
2. Tidak merencanakan utilitas bangunan, serta listrik dan *plumbing*
3. Program bantu yang dipakai meliputi ETABS2017, SpColumn dan AutoCad

## **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat yang didapat dari perencanaan Gedung *Office Tower* Capital Square Surabaya adalah

1. Sebagai bahan acuan perencanaan bangunan gedung bertingkat menggunakan metode beton pracetak yang tahan gempa.
2. Sebagai bahan acuan dalam perencanaan sambungan bangunan menggunakan beton pracetak pada gedung bertingkat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Menurut SNI 2847:2013, beton pracetak merupakan elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Dalam pembuatannya, beton pracetak hampir sama dengan beton konvensional hanya saja perbedaannya adalah sistem fabrikasinya. Sistem yang tersebut mencakup kondisi pembebanan dan kekangan dari penggunaan awal sampai penggunaan akhir pada struktur, termasuk pembongkaran bekisting, penyimpanan, transportasi, dan ereksi.

#### **2.2 Sistem Untuk Gedung**

Sistem yang digunakan untuk menahan gaya gravitasi dan gaya lateral pada konstruksi struktur gedung sangat banyak jenisnya tergantung di daerah mana gedung dibangun. Namun pada sub bab ini penulis akan menerangkan tentang sistem yang akan dipakai dalam perencanaan saja, yaitu :

##### **2.2.1 Sistem Pemikul Rangka**

Sistem struktur yang pada dasarnya mempunyai kemampuan memikul beban gravitasi melalui ruang pemikul momen dan beban lateral yang disebabkan oleh gempa melalui mekanisme lentur. Sistem ini dibagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Kapasitas disain dalam rangka penahan momen khusus konsep “ kolom kuat balok lemah” digunakan untuk memastikan tidak terjadinya sendi plastis pada kolom selama gempa terjadi. Konsep mekanis keruntuhan ini disebut mekanisme pergoyangan balok ( beam side sway mechanism).



### **2.2.2 Dinding Geser**

Dinding geser adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

### **2.2.3 Sistem Ganda**

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

### **2.3 Sistem Pracetak**

Beton pracetak adalah beton yang diproduksi dalam bentuk yang spesifik di lokasi selain posisi layan elemen tersebut. Beton tersebut dibentuk di dalam cetakan dari kayu atau baja dan dirawat sebelum kemudian dilepas dari cetakan pada waktu tertentu. Lalu, komponen pracetak dipindahkan menuju lokasi konstruksi dan dipasang menuju posisi layannya. Beton pracetak diberi kekuatan dengan tulangan maupun tendon mutu tinggi. Jenis komponen beton pracetak yang biasa diproduksi antara lain: panel dinding, balok dobel-T, pelat lantai *hollow*, kolom & balok, komponen jembatan, dan lain-lain (PCI, 2004).

### **2.4 Data Perencanaan**

Data data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah.

1. Data Umum Bangunan :
  - a. Nama Proyek : Capital Square Surabaya
  - b. Lokasi Proyek : Jl. Mayjen HR.Muhammad No.

3

- c. Jumlah Lantai : 39 Lantai + 2 basement
- d. Tinggi Bangunan : 142 m
- e. Struktur Bangunan : Beton Bertulang
- 2. Data Gambar :
- a. Data Struktur : (Terlampir)

## 2.5 Penentuan Kriteria Desain

Pada penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan aplikasi respon spektral dari [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id). Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_1$ , lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori resiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik .

Bangunan ini direncanakan akan dibangun di Cilacap dengan kelas situs SD (Tanah Sedang). Berdasarkan aplikasi respon spektral dari [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) mempunyai parameter kecepatan respon spektral pada perioda pendek,  $S_{DS} = 0,726$  dan parameter percepatan respon spektral pada perioda 1 detik,  $S_{D1} = 0,421$ . Berdasarkan tabel 2.1 dan tabel 2.2 maka didapatkan daerah Cilacap mempunyai kategori desain seismik D.

**Tabel 2.1** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda 1 detik

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	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
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 2.2** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda 1 detik

Nilai $S_{DI}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 2.3** Batasan sistem rangka pemikul momen dan sistem ganda terhadap tinggi struktur

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang diterapkan	Koefisien modifikasi Respon, $R^a$	Faktor kuantal lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2 1/2	5	T B	T B	1 0	T I	T I

2. Dinding geser beton bertulang khusus	6 1/2	2 1/2	5	T B	T B	4 8	3 0	3 0
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2 1/2	T B	48	T I	T I	T I
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3 1/2	3	3	T B	T B	T I	T I	T I
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5 1/2	2 1/2	4 1/2	T B	T B	4 8	3 0	T I
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3 1/2	2 1/2	3	T B	T B	T I	T I	T I
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4 1/2	T B	T B	T I	T I	T I
8. Dinding geser beton bertulang biasa	5 1/2	2 1/2	4 1/2	T B	T B	T I	T I	T I

(Sumber : SNI 1726:2012)

Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 2.3 didapatkan bahwa kriteria desain yang tepat sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sebagai sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser beton bertulang biasa yang mampu menahan 75 persen gaya gempa yang ditetapkan.

## 2.6 Preliminary Design

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

### 2.6.1 Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi  $\phi = 0,65$ .

$$A = \frac{W}{\phi \times f'_c}$$

(2-1)

Dimana, W= Beban aksial yang diterima kolom

$F'_c$  = Kuat tekan beton karakteristik

A = Luas penampang kolom

### 2.6.2 Perencanaan Dimensi Balok Induk

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

$$h_{min} = \frac{L}{16} \quad \text{digunakan bila } f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad \text{digunakan bila } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}$$

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

Untuk lebar balok diambil 2/3 dari tinggi balok

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

Dimana :

b = lebar balok

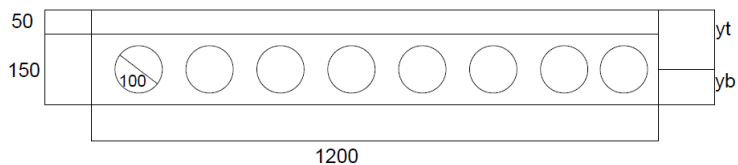
h = tinggi balok

L = lebar kotor dari balok

## 2.7 Perhitungan Struktur Sekunder

### 2.7.1 Perencanaan Pelat

Dalam perencanaan pelat akan digunakan hollow core slab hasil produksi PT. Wika Beton Tbk yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :



**Gambar 2.1** Penampang hollow core slab PT. Wika Beton Tbk  
(Sumber : Brosur Produk Precast Wika Beton)

**Tabel 2.4** Spesifikasi hollow core slab PT. Wika BetonTbk

HCS Type	$\phi M$	$\phi Vc$	Span (m)							
	n	w	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
	kN m	kN								
200.6.4 -09	67, 5	65,7	14, 4	11, 4	8,7	6,7	5, 2	4	3, 1	
200.6.5 -09	83, 7	66,2	14, 5	12, 6	11	9,5	7, 2	5, 4	4	
200.6.6 -09	99, 1	66,6	14, 6	12, 7	11, 1	9,9	8, 5	6, 5	4, 9	3, 6
200.6.7 -09	114 ,2	67,1	14, 7	12, 8	11, 2	9,9	8, 9	7, 6	5, 9	4, 5

200.6.4 -12	117 ,3	66,3	14, 5	12, 6	11, 1	9,8	8, 8	7, 8	6	4, 6
200.6.5 -12	143 ,7	66,9	14, 7	12, 7	11, 2	9	8, 9	8	7, 2	6
200.6.6 -12	169 ,2	67,4	14, 8	12, 9	11, 3	10	9	8, 1	7, 3	6, 6
200.6.7 -12	193 ,6	68	14, 9	13	11, 4	10, 1	9, 1	8, 2	7, 4	6, 7

(Sumber : Brosur Produk Precast Wika Beton)

### 2.7.1.1 Kontrol Kuat Geser Hollow Core Slab

Untuk mengetahui kuat geser hollow core slab mampu menahan gaya geser yang diterima, sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi :

$$\phi V_n \leq V_u$$

Dimana :

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan ( 0,75)

$V_n$  = kuat geser nominal pelat

$V_u$  = gaya geser ultimate pada pelat

### 2.7.1.2 Kontrol Kuat Lentur Hollow Core Slab

Untuk mengetahui kuat lentur hollow core slab mampu menahan gaya lentur yang diterima, maka harus memenuhi :

$$\phi M_n \leq M_u$$

Dimana :

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan ( 0,9)

$V_n$  = kuat lentur nominal

pelat

$V_u$  = gaya lentur ultimate pada pelat

### 2.7.2 Perencanaan Balok Anak

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

### 2.7.3 Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi

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

(2-4)

Dimana :

t = tinggi injakan

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

i = lebar injakan



#### **2.7.4 Perencanaan lift**

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

Ruang landasan diberi kelonggaran (lift pit) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perencanaan ini mencakup perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

#### **2.7.5 Pembebanan**

Dalam melakukan analisa desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Perilaku suatu struktur sangat dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja padanya. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 2847:2013 dan PPIUG 1983.

##### **2.7.5.1 Beban Statis**

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 adalah sebagai berikut.

###### **a. Beban Mati**

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi yang

dapat dipindahkan. Beban mati yang digunakan pada perancangan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) yang tertera pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.5** Beban Mati pada struktur

Beban Mati	Besar Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>2</sup>
Dinding Pasangan ½ Bata	250 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit + Penggantung	18 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Ubin Semen Portland	24 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: PPIUG 1983)

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi kadang – kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban – beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) **Tabel 2.6.**

**Tabel 2.6** Beban Hidup pada struktur

Beban Hidup	Besar Beban
Lantai Perkantoran / Restoran	250 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber : PPIUG 1983)

### 2.7.5.2 Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan

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

1. Penentuan respon spektrum  
Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI 1726:2012
2. Respon Seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2-5)$$

Dimana :

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

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

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

Nilai  $C_s$  maksimum tidak boleh lebih dari :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2-6)$$

3. Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral  $V = C_s \times W$

$$C_{VX} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2-7)$$

Dimana :

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

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

### 2.7.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1

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

Dimana :

$U$  : beban ultimate

$D$  : beban mati

$L$  : beban hidup

$E$  : beban gempa

## 2.8 Permodelan dan Analisa Struktur

Permodelan dan analisa struktur dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur akibat pembebanan, baik beban gravitasi maupun beban lateral. Output dari permodelan ini antara lain untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Perilaku struktur secara keseluruhan antara lain: partisipasi massa harus memenuhi, simpangan per lantai harus memenuhi, serta gaya geser gempa harus mendekati total reaksi horizontal di perletakan. Sedangkan perilaku komponen struktur meliputi komponen kolom dan balok yang ditinjau dari gaya dalam yang didapat dari permodelan struktur. Gaya dalam pada kolom yang perlu diperhatikan antara lain aksial, momen arah x dan y, torsi, geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen, geser dan torsi.

Permodelan dan analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu ETABS 2016 dengan langkah langkah permodelan sebagai berikut :

1. Menggambar permodelan struktur
2. Mendesain material dan penampang
3. Memasukkan beban gravitasi dan beban lateral
4. Perletakan diasumsikan jepit jepit
5. Dilakukan running
6. Dicek apakah struktur tersebut memenuhi persyaratan atau tidak

## 2.9 Perhitungan Struktur Utama

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

### 2.9.1 Perencanaan Balok Induk

#### 2.9.1.1. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk

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

1. Menentukan data data  $d, f_y, f_c'$ , dan  $b$
2. Menentukan harga  $\beta_1$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \quad (2-8)$$

SNI 2847 : 2013 pasal (10.2.7.3)

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2-9)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2)

$$\rho < 0,025$$

(2-10)

SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho < 0,75\rho_b$$

(2-11)

SNI 2847:2013 pasal (10.3.3)

$$\rho_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(2-12)

SNI 2847:2013 pasal (10.5.1)

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

4. Menentukan harga m

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

(2-13)

5. Menentukan  $R_n$ 

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

(2-14)

Dengan harga  $\phi$  ditentukan 0,9

(SNI 2847:2013 pasal 9.3)

6. Menentukan rasio tulangan yang dibutuhkan

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

$$\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{maksimum}$$

(2-15)

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

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (2-16)$$

8. Jumlah Tulangan

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \quad (2-17)$$

9. Jarak Tulangan

$$\text{Jarak Tulangan} = \frac{b - n \emptyset L - 2d' - 2 \emptyset s}{n - 1} \quad (2-18)$$

### 2.9.1.2 Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi  $\emptyset V_n \geq V_u$ ,

Dimana :

$V_n$  : Kuat geser nominal penampang

$V_u$  : Beban geser pada penampang

$\emptyset$  : reduksi kekuatan geser = 0,75

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

$$V_n = V_c + V_s \quad (2-19)$$

SNI 2847:2013 Pasal 11.1.1

Dan untuk

$$V_c = 0,17 \alpha \sqrt{f'_c} b_w d \quad (2-20)$$

SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\emptyset V_n \geq V_u \quad (2-21)$$

SNI 2847:2013 Pasal 11.1

Dimana :

$V_u$  : geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

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

### 2.9.1.3 Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila :

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left( \frac{A^2_{cp}}{P^2_{cp}} \right)}{12} \quad (2-22)$$

SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1

Perencanaan penampang terhadap torsi :

$$T_u \geq \phi T_n \quad (2-23)$$

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

Tulangan sengkang untuk puntir :

$$T_u = \frac{2A_o A_t f_y}{s} \cot \theta \quad (2-24)$$

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

Dimana :

- $T_U$  = Beban Torsi  
 $T_n$  = Kuat Torsi Nominal  
 $A_o$  = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser

## 2.9.2 Perencanaan Kolom

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



### 2.9.2.1 Persyaratan “Strong Colum Weak Beams”

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

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (2-25)$$

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2

Dimana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong kolom weak beam.

### 2.9.3 Perencanaan Struktur Dinding Geser

#### 2.9.3.1 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.2

$$\phi P_n = 0,55 \phi f_c' A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right] \quad (2-26)$$

#### 2.9.3.2 Pemeriksaan Tebal Dinding

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi SNI 2847:2013 pasal 11.9.3

$$0,83 \sqrt{f_c'} h d \geq V_u \quad (2-27)$$

Dimana :

$$d = 0,8 I_w$$

#### 2.9.3.3 Kuat Geser Beton

Dihitung Menurut SNI 2847:2013, pasal 11.9.6.

### **2.9.3.4 Keperluan Penulangan Geser**

Penulangan geser dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013, pasal 21.9.2.2)

### **2.9.3.5 Penulangan Geser Horizontal**

Dihitung berdasarkan pada (SNI 2847:2013, pasal 11.9.9)

### **2.9.3.6 Penulangan Geser Vertikal**

Dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.4

## **2.10 Perencanaan Sambungan**

Kelemahan konstruksi pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit, sehingga lemah terhadap beban lateral khususnya dalam menahan beban gempa, mengingat Indonesia merupakan daerah dengan intensitas gempa yang cukup besar. Untuk itu sambungan antara elemen balok pracetak dengan kolom maupun dengan plat pracetak direncanakan supaya memiliki kekakuan seperti beton monolit (*cast in place emulation*).

Dengan metode konstruksi semi pracetak, yaitu elemen pracetak dengan tuangan beton *cast in place* di atasnya, maka diharapkan sambungan elemen-elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit. Untuk menjamin kekakuan dan kekuatan pada detail sambungan ini memang butuh penelitian mengenai perilaku sambungan tersebut terhadap beban gempa. Berdasarkan beberapa referensi hasil penelitian yang dimuat dalam PCI Journal, ada rekomendasi pendetailan sambungan elemen pracetak dibuat dalam kondisi daktail sesuai dengan konsep desain kapasitas strong coloumn weak beam.

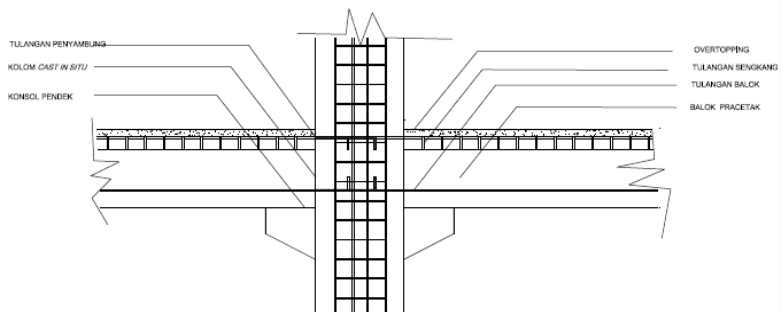
Dalam perencanaan sambungan pracetak, gaya – gaya disalurkan dengan cara menggunakan sambungan grouting, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombuinasi cara – cara tersebut. Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan sambungan

dengan pelapisan beton bertulang cor setempat.

### 2.10.1 Perencanaan Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom

Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Oleh sebab itu pada sambungan elemen pracetak ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang sama dengan beton cor di tempat. Untuk menghasilkan sambungan dengan kekakuan yang relatif sama dengan beton cor di tempat, dapat dilakukan beberapa hal berikut ini.

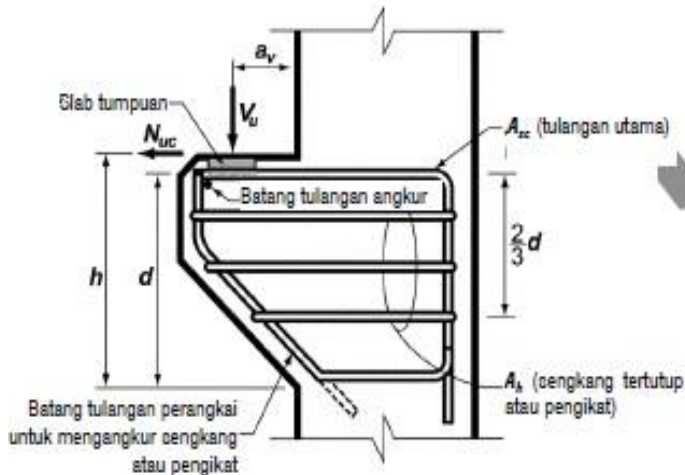
1. Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan balok pracetak dan kolom dikasarkkan dengan amplitudo 5 mm.
2. Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 2847:2013 pasal 7.13, yaitu tulangan menerus atau pemberian kait standar pada sambungan ujung.
3. Pemasangan dowel dan pemberian grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara balok pracetak dan kolom untuk mengantisipasi gaya lateral yang bekerja pada struktur.



**Gambar 2.2** Sambungan balok dengan kolom  
(Sumber : Kalingga,2015)

Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini

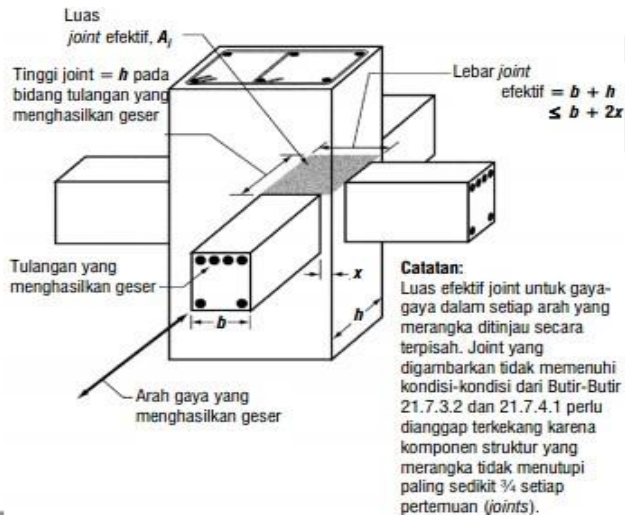
menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



**Gambar 2.3** Parameter geometri konsol pendek

(Sumber : SNI 2847:2013)

Untuk pemakaian sambungan monolit, harus dipenuhi semua kriteria untuk struktur beton bertulang yang monolit, yaitu kekuatan, kelakuan, daktilitas, dst. Sementara bila sambungan kuat yang akan dipakai, harus diyakinkan akan berlangsungnya mekanisme kolom kuat-balok lemah. Pada sambungan balok-kolom harus didesain terjadinya pelelehan lentur di dalam sambungan, sementara pada sambungan kuat pelelehan harus terbentuk di luar sambungan, yaitu paling tidak pada jarak setengah tinggi balok di luar muka kolom. Selanjutnya, baik sambungan balok-kolom daktail maupun kuat harus memenuhi semua persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.8. Kuat geser nominal,  $V_n$  pada daerah hubungan balok-kolom tidak boleh melebihi nilai yang disebutkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.7.4



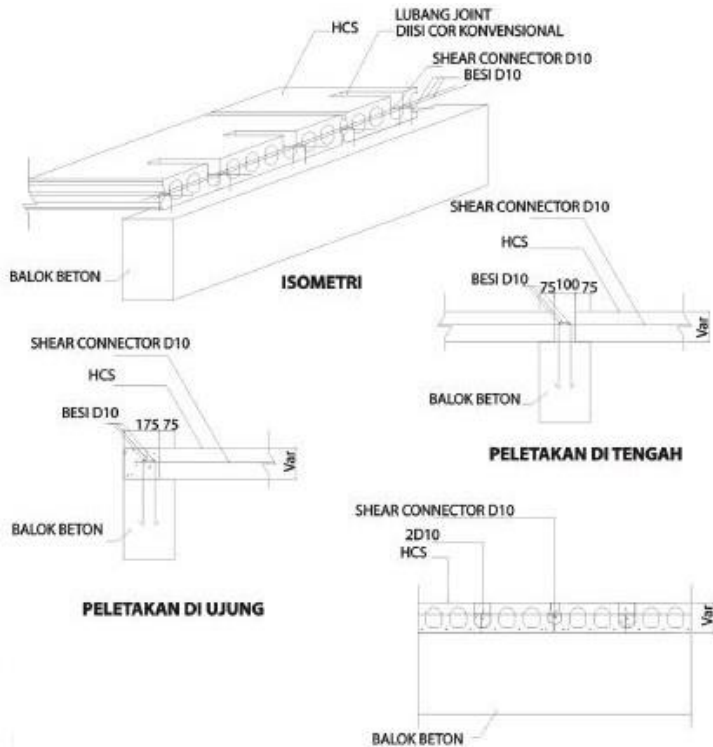
**Gambar 2.4** Hubungan Balok Kolom  
(Sumber : SNI 2847:2013)

### 2.10.2 Perencanaan Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut.

- Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi overtopping yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm
- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 2847:2013 pasal 7.13.
- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara plat

pracetak dengan balok pracetak.

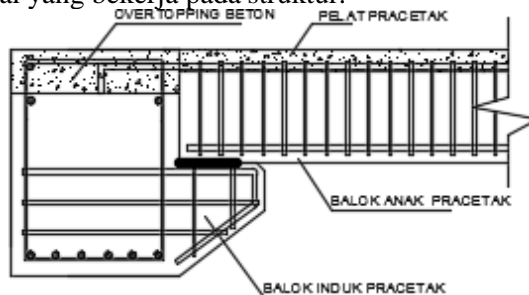


**Gambar 2.5** Sambungan pelat dengan balok  
(Sumber: Kalingga,2015)

### 2.10.3 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SK SNI 2847:2013 pasal 7.10. Untuk menghasilkan sambungan dengan kekakuan yang relatif sama dengan beton cor di tempat, dapat dilakukan beberapa hal berikut ini.

1. Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan balok pracetak dan kolom dikasarkkan dengan amplitudo 5 mm.
2. Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan.
3. Pemasangan dowel dan pemberian grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara balok pracetak untuk mengantisipasi gaya lateral yang bekerja pada struktur.



**Gambar 2.6** Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak  
(Sumber: Kalingga,2015)

## **2.11 Tinjauan Elemen Pracetak**

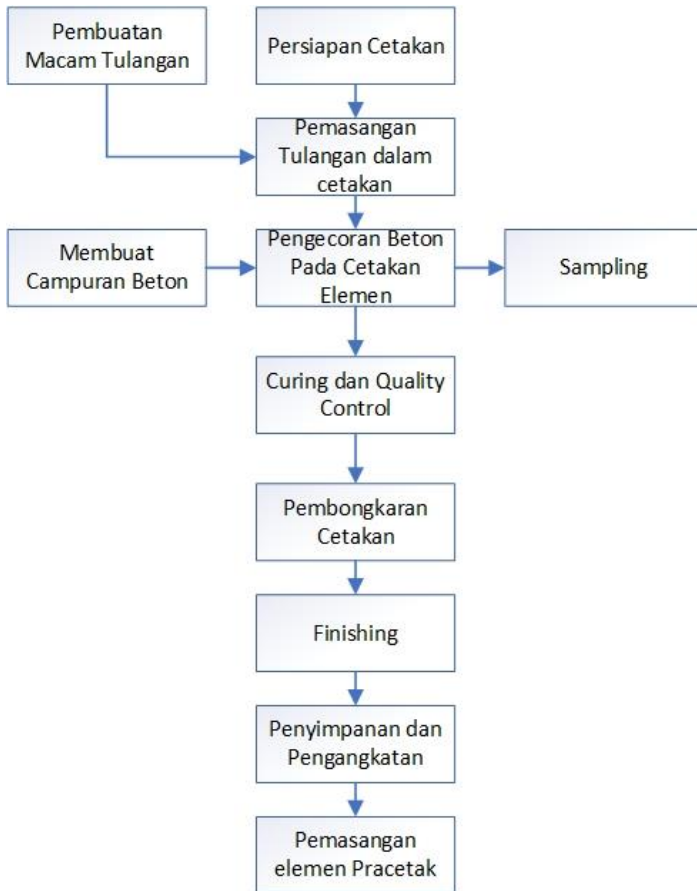
### **2.11.1 Proses Produksi Elemen Beton Pracetak**

Setelah pelaksanaan pengecoran, pada beton pracetak dilakukan curing untuk menghindari penguapan air semen secara drastis sehingga mutu beton yang direncanakan terpenuhi. Pembukaan bekisting dilakukan setelah kekuatan beton antara 20%–60% dari kekuatan akhir yang dapat tercapai, kurang lebih umur 3–7 hari pada suhu kamar. Adapun syarat dari cetakan elemen beton pracetak adalah :

1. Volume dari cetakan stabil untuk percetakan berulang
2. Mudah ditangani dan tidak bocor
3. Mudah untuk dipindahkan, khusus untuk pelaksanaan pengecoran di lapangan atau proyek

Setelah pembongkaran bekisting, dilakukan finishing elemen beton pracetak. Secara skematis proses produksi elemen beton pracetak mulai dari persiapan untuk cetakan sampai pada penyimpanan elemen beton pracetak dapat dijelaskan seperti pada gambar.





**Gambar 2.7** Diagram Alir Fabrikasi Elemen Pracetak

## 2.12 Pengangkatan Elemen Pracetak

### 2.12.1 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 yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

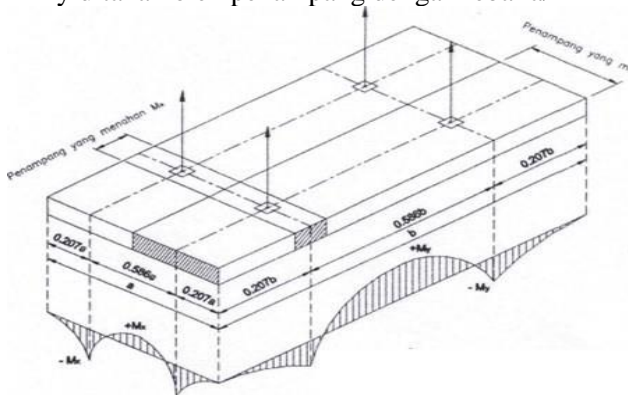
a. Empat Titik Angkat

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 dari  $15t$  atau  $b/2$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



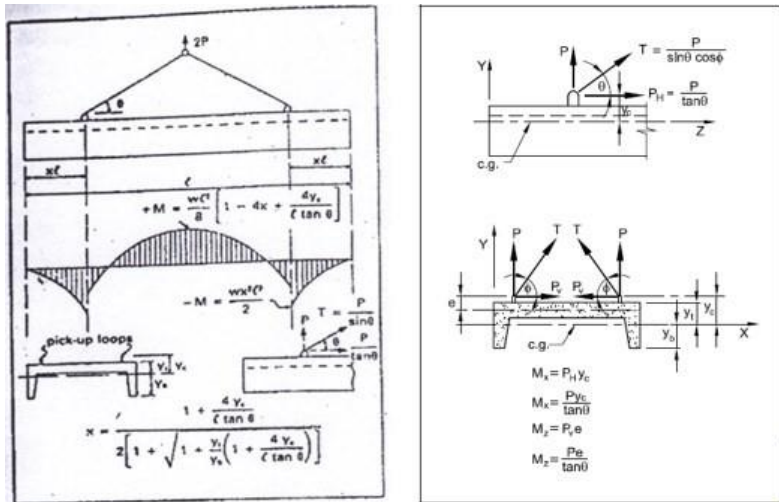
**Gambar 2.8** Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)  
(Sumber: PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition Precast and  
Prestressed Concrete)

### 2.12.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak 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.

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



**Gambar 2.9** Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok

(Sumber: PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6<sup>th</sup> Edition, gambar 5.3.2.2)

Pada waktu proses pengangkatan balok pracetak diperlukan perhitungan gaya pengangkatan yang terjadi akibat berat sendiri balok. Kemudian gaya yang terjadi tersebut dikalikan dengan angka pengali beban statis ekuivalen yang terdapat pada Tabel 2.5 guna menghindari kerusakan pada balok pada waktu proses pengangkatan tersebut.

**Tabel 2.7** 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

### **2.13 Proses Pemasangan Elemen Beton Pracetak**

Secara garis besar tahapan pelaksanaan di lapangan adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan elemen kolom
2. Pemasangan elemen balok
3. Pemasangan elemen tangga
4. Pemasangan tulangan stud pada pelat
5. Pengecoran sambungan antar elemen pracetak dan overtopping

#### **2.13.1 Pekerjaan Elemen Kolom**

Adapun langkah langkah pekerjaan kolom sebagai berikut :

1. Pekerjaan dilakukan setelah pengecoran poer dan sloof
2. Penulangan kolom
3. Pekerjaan bekisting kolom dipasang setelah tulangan geser dipasang, selanjutnya adalah semua tulangan terpasang dilakukan pengecoran

#### **2.13.2 Pekerjaan Elemen Balok Pracetak**

Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulang utama pada balok yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran.

#### **2.13.3 Pekerjaan Tangga**

Pekerjaan tangga dilakukan setelah pengecoran overtopping balok. Kemudian barulah dilaksanakan penulangan, pembekistingan, dan pengecoran.

#### **2.13.4 Pemasangan pelat Pracetak**

Adapun langkah langkah pemasangan pelat pracetak sebagai berikut :

1. Pemasangan elemen pelat pracetak dipasang setelah balok pracetak terpasang.
2. Penulangan pelat meliputi tulangan lentur dan tulangan stud pelat
3. Pengecoran overtopping setebal 5 cm
4. Alat yang dipergunakan adalah crane untuk mengangkat elemen pelat pracetak .

## 2.14 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

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

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

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

Nilai Konus diambil  $4D$  keatas dan  $4D$  kebawah

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{A \text{ tiang} \times C_n}{S_{f_1}} + \frac{JHP \times Q}{S_{f_2}}$$

(2-28)

$$S_{f_1} = (2-3)$$

$$S_{f_2} = (5-8)$$

### 2.14.1 Kebutuhan Tiang Pancang

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

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

(2-29)

$$S \geq \frac{1,57 D_{min} - 2D}{m + n - 2}$$

(2-30)

Kontrol Tegangan yang terjadi pada tiang pancang

$$P_{satuTP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y X_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\sum y^2}$$

(2-31)

Efisiensi satu tiang pancang:

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

(2-32)

$\theta = \arctan\left(\frac{D}{S}\right)$  Dimana,

P ult = efisiensi tiang x Pu 1 tiang berdiri

#### 2.14.2 Perencanaan Terhadap geser

a. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \geq V_u$$

(2-33)

b. Kontrol geser dua arah (geser ponds)

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

$$V_C = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f_c'} b d \lambda$$

(2-34)

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(a)

$$V_C = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f_c'} b d \lambda$$

(2-35)

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(b)

$$V_C = 0,33 \sqrt{f_c'} b d \lambda$$

(2-36)

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

B = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

$b_o$  = keliling pada penampang kritis pada poer

$$= 2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$$

$\alpha_s = 30$ , untuk kolom tepi

= 40, untuk kolom tengah

= 20, untuk kolom pojok

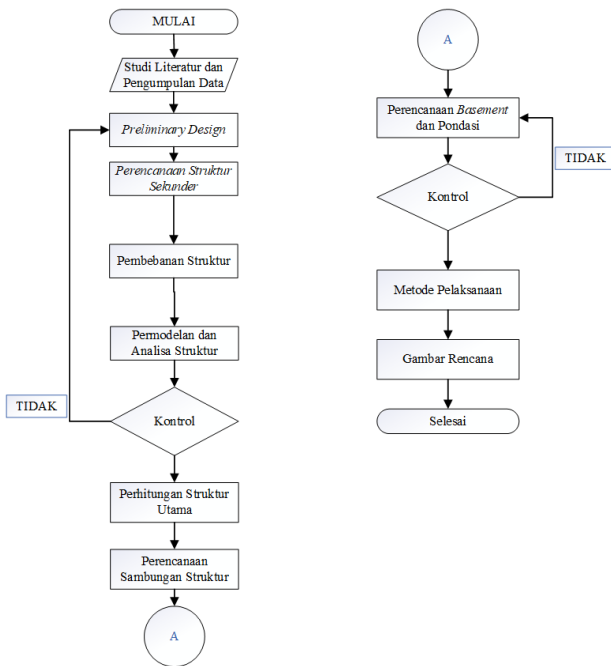
$\phi V_C > P_u$  (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)



*(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini sesuai dengan diagram alir penelitian yang ditampilkan pada gambar 3.1 sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram alir metode penyelesaian tugas akhir

Berdasarkan diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan secara lebih detail sebagai berikut :

### **3.1 Pengumpulan Data**

Dalam tahapan ini meliputi kegiatan pengumpulan data perencanaan gedung baik data lapangan maupun data perencanaan struktur

#### **a. Data Lapangan**

Data lapangan diperoleh dari data survey langsung di lokasi baik berupa data visual dan pengukuran di lapangan terhadap kondisi proyek Capital Square Surabaya seperti data tanah, data perencanaan detail sambungan pracetak.

#### **b. Data Perencanaan Gedung**

Data perencanaan diperoleh dari instansi yang terkait yaitu PT. Nusa Raya Cipta selaku kontraktor. Data perencanaan gedung meliputi peta lokasi proyek dan gambar rencana (*shop drawing*) Office Tower Capital Square Surabaya.

### **3.2 Studi Literatur**

Dalam tahap ini penulis mencari dan mempelajari macam teori, pustaka, dan standar peraturan untuk perencanaan mengenai hal hal yang berhubungan dengan perencanaan beton pracetak beserta sambungannya. Hal ini dilakukan pada Bab 2.

### **3.3 Preliminary Design**

Pada tahap ini akan menentukan elemen struktur gedung yang nantinya akan digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya seperti kolom, balok induk dan dinding geser.

### **3.4 Perhitungan Struktur Sekunder**

Pada tahap ini direncanakan elemen elemen pracetak dari fabrikasi. Akan dilakukan perencanaan untuk struktur sekunder seperti balok anak, tangga, struktur atap dan lift.

### **3.5 Pembebanan**

Standar acuan yang dipakai dalam perencanaan ini adalah SNI 2847:2013 Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bagunan Gedung dan Non Gedung, beban dan gaya yang digunakan dalam perhitungan tegangan tegangan dalam konstruksi adalah beban aksial dan beban lateral.

### **3.6 Permodelan dan Analisa Struktur**

Analisa konstruksi untuk Gedung Office Tower Capital Square Surabaya ini dilakukan dengan program bantu ETABS 2016 yaitu untuk menggambar permodelan struktur, mendesain material dan penampang, memasukkan beban gravitasi dan beban lateral, perletakan diasumsikan sebagai jepit-jepit, kemudian dilakukan *running*, setelah itu dilakukan pengecekan apakah struktur tersebut sesuai persyaratan atay tidak. Analisa ini menggunakan input semua material dan kondisi lapangan sehingga dapat diketahui tegangan, gaya, momen, lendutan, dll. Unutk metode pelaksanaan gedung Office Tower Capital Square Surabaya menggunakan metode pracetak yang benar benar harus diperhatikan pada masalah sambungannya.

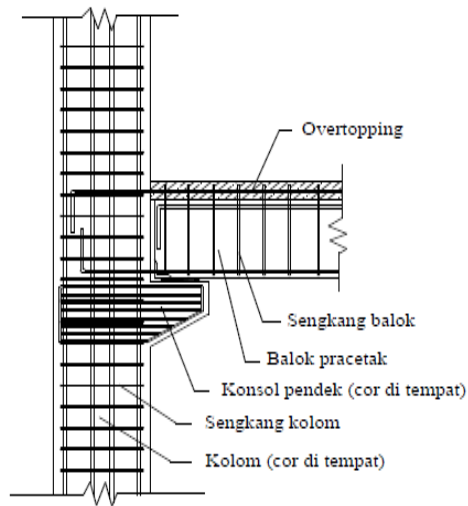
### **3.7 Perhitungan Struktur Utama**

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

perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

### 3.8 Perencanaan Sambungan

Pada sambungan akan digunakan dengan sambungan cor di tempat agar didapatkan struktur yang hampir monolit. Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya.



**Gambar 3.2** Sambungan Basah  
(Sumber : SNI 2847:2013)

### **3.9 Perencanaan Basement dan Pondasi**

Pada tahap ini penulis akan melakukan perencanaan pondasi dan basement. Perencanaan dinding basement akan difungsikan sebagai dinding penahan tanah. Sedangkan untuk pondasi akan dipakai dengan pondasi tiang pancang yang didasarkan pada data hasil tes N-SPT.

### **3.10 Metode Pelaksanaan**

Setelah melakukan perhitungan dan perancangan akan dilakukan pengurutan langkah langkah dalam metode pelaksanaan. Metode pelaksanaan akan menggambarkan secara umum proses pelaksanaan pekerjaan dalam pembangunan beton pracetak.

### **3.11 Gambar Rencana**

Pada tahap ini akan dilakukan penggambaran hasil perencanaan dengan menggunakan perangkat lunak AutoCad 2017.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. *Preliminary Design***

##### **4.1.1 Umum**

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

##### **4.1.2 Data Perencanaan**

Sebelum melakukan perhitungan *preliminary design* perlu diketahui data perencanaan dan beban yang diterima oleh struktur gedung tersebut. Pada perencanaan gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya menggunakan beton pracetak digunakan data perencanaan sebagai berikut :

- Fungsi bangunan : Gedung Perkantoran
- Jumlah Lantai : 18 lantai dan 1 *basement*
- Ketinggian Lantai : 3,00 meter
- Tinggi Bangunan : 48 meter dari jalan raya
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 40 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 420 MPa
- Letak Bangunan : Dekat pantai



### 4.1.3 Pembebanan

#### 1. Beban Statis (SNI 1727:2012)

##### ➤ Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Dinding ½ bata : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Langit langit dan penggantung : 18 kg/m<sup>2</sup>

##### ➤ Beban Hidup

- Beban atap : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Lantai : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat tangga dan bordes : 300 kg/m<sup>2</sup>

#### 2. Beban Angin

- Dekat dengan pantai : 40 kg/m<sup>2</sup>

#### 3. Beban Gempa

- Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 1826:2012

### 4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok

Perancangan pada tugas akhir ini menggunakan balok yang penampangnya berbentuk persegi (*rectangular beam*). Dimensi balok yang diisyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 yang tertera pada Tabel 9.5.1 adalah sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{L}{12} \quad \text{digunakan apabila } f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{12} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \quad \text{digunakan untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{12} \times (1,65 - 0,003 w_c) \quad \text{digunakan untuk nilai } w_c \text{ } 1440 \text{ sampai } 1840 \text{ kg/m}^3$$

Untuk lebar balok diambil  $\frac{2}{3}$  dari tinggi balok

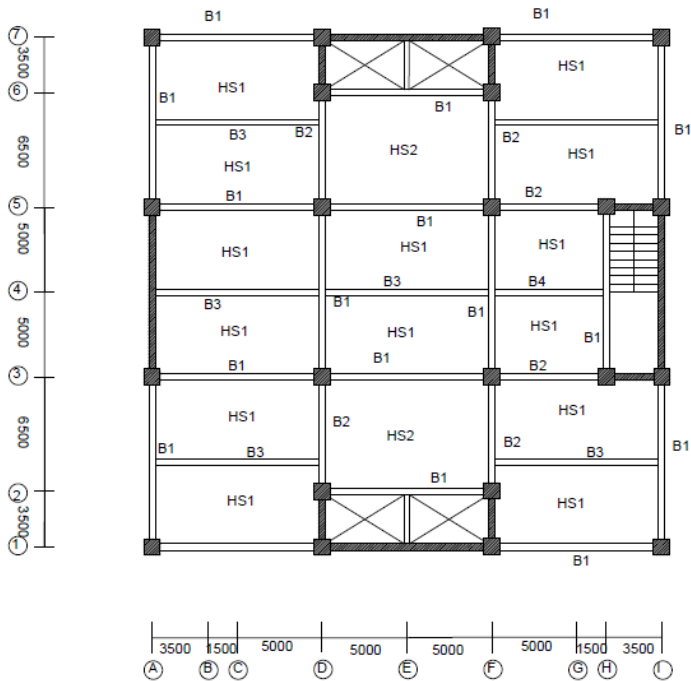
$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana :

b = lebar balok

h = tinggi balok

L = Panjang balok



**Gambar 4.1** Denah Pembalok

#### 4.1.4.1 Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 40 MPa dan mutu baja 420 MPa sehingga digunakan :

- **Balok induk B1 (L = 10 meter)**

$$H_{\min} = \frac{1}{12} \times L = \frac{1}{12} \times 1000 = 83,3 \text{ cm digunakan } h = 85 \text{ cm}$$

$$B_{\min} \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 82,5 = 55,56 \text{ cm digunakan } b = 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk B1 dengan dimensi 60/85

➤ **Balok induk B2 (L = 6,5 meter)**

$$H_{\min} = \frac{1}{12} \times L = \frac{1}{12} \times 650 = 54,167 \text{ cm digunakan } h = 85 \text{ cm}$$

$$B_{\min} = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 54,167 = 36,11 \text{ cm digunakan } b = 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk B2 dengan dimensi 45/85

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Balok Induk	L (cm)	hmin (cm)	Bmin (cm)	Hrencana (cm)	Brencana (cm)
B1	1000	83,3	55,56	85	60
B2	650	54,167	36,11	85	60

**4.1.4.2 Dimensi Balok Anak**

Dimensi balok anak direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 40 MPa dan mutu baja 420 MPa sehingga digunakan :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \quad \text{digunakan apabila } f_y = 420 \text{ Mpa} \quad (\text{SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)})$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \text{ digunakan untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa} \quad (\text{SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)})$$

➤ **Balok anak B3 (L = 10 meter)**

$$H_{\min} = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 1000 = 62,5 \text{ cm digunakan } h = 65 \text{ cm}$$

$$B_{\min} = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 62,5 = 41,67 \text{ cm digunakan } b = 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk B1 dengan dimensi 45/65

➤ **Balok anak B4 (L = 6,5 meter)**

$$H_{\min} = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 650 = 40,63 \text{ cm digunakan } h = 45 \text{ cm}$$

$$B_{\min} = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 40,63 = 27,08 \text{ cm digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

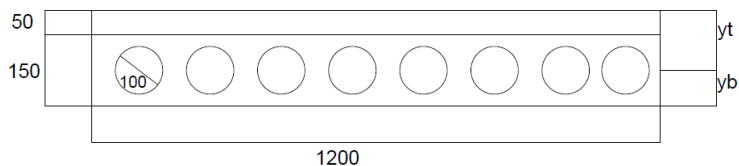
Maka direncanakan dimensi balok induk B1 dengan dimensi 30/44

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Balok Anak	L (cm)	hmin (cm)	Bmin (cm)	Hrencana (cm)	Brencana (cm)
B3	1000	62,50	41,67	65	45
B4	650	40,63	27,08	45	30

#### 4.1.5 Perencanaan Dimensi Pelat Hollow Core Slab

Pelat yang digunakan pada perencanaan ini adalah pelat hollow core slab hasil produksi PT. Beton Elemenindo Perkasa dengan data sebagai berikut :



**Gambar 4.2** Cross Section Hollow Core Slab dengan Tebal 150 mm

**Tabel 4.3** Data Pelat *Hollow Core* yang Digunakan

Nama	HCS Type	$\phi$ Mn	$\phi$ Vcw	Lebar	Panjang	Berat
		kN.m	kN	m	m	kg/m
HS1	150.8.5-12	120,2	86,9	1,2	5	268,2
HS2	150.8.5-12	120,2	86,9	1,2	6,5	268,2
Nama	Jumlah Lubang	Diameter PC strand	fc' pelat	Zt	Zb	A
			Mpa	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>2</sup>
HS1	8	12,7 mm	40	3,829	3,9	1117,5
HS2	8	12,7 mm	40	3,829	3,9	1117,5

#### 4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang ditinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar. Dalam melakukan perencanaan dimensi kolom perlu dilakukan perhitungan pembebanan terlebih dahulu. Berdasarkan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013 pembebanan seperti berikut ini:

- a. Beban yang ada pada lantai 2-8

**Tabel 4.4** Beban pada Lantai 2-8

Beban Hidup	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	Satuan
Koridor	383	100	38300	kg
Beban Mati	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	Satuan
Langit langit + penggantung	18	100	1800	kg
Pelat	53,6	100	53600	kg

Balok B1	2400	20,4	48960	kg
Kolom	2400	20,28	48672	kg
Spesi	48	100	4800	kg

b. Beban yang ada pada lantai 9 – 16

**Tabel 4.5** Beban pada Lantai 9-16

Beban Hidup	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	Satuan
Koridor	383	100	38300	kg
Beban Mati	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	Satuan
Langit langit + penggantung	18	100	1800	kg
Pelat	53,6	100	53600	kg
Balok B1	2400	20,4	48960	kg
Kolom	2400	20,28	48672	kg
Spesi	48	100	4800	kg

c. Beban yang ada pada atap

**Tabel 4.6** Beban pada Atap

Beban Hidup	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	Satuan
Beban Atap	100	100	10000	kg
Air Hujan	20	100	2000	
Beban Mati	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	
Pelat	53,6	100	53600	kg
Balok B1	2400	20,4	48960	kg
Aspal	14	100	1400	kg

## d. Beban pada lantai 1

**Tabel 4.7** Beban pada Lantai 1

Beban Hidup	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	
Beban koridor dan lobi	479	100	47900	kg
Beban Mati	Berat (kg/m <sup>2</sup> )	Luasan (m <sup>2</sup> )	Berat	
Langit langit + penggantung	18	100	1800	kg
Pelat	53,6	100	53600	kg
Balok B1	2400	20,4	48960	kg
Kolom	2400	20,28	48672	kg
Spesi	48	100	4800	kg

Beban hidup yang diterima kolom = 582053,44 kg

Beban mati total yang diterima kolom = 936749,2 kg

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.7.3 koefisien reduksi untuk beban hidup struktur yang menumpu dua lantai atau lebih sebesar 20%. Jadi total beban hidup :

$$\begin{aligned} LL &= 0,8 \times 582053,44 \text{ kg} \\ &= 465642,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi berat total} &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= 1,2 (936749,2) + 1,6 (465642,8) \\ &= 1869127 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 untuk komponen struktur yang terkena beban aksial dan beban aksial dengan lentur, faktor reduksi yang digunakan adalah  $\phi = 0,3$ . Lalu diperkirakan luas dimensi kolom sebagai berikut:

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rencana awal} = A = \frac{W}{\phi f_c'} = \frac{1869127}{0,3 \times 400} = 7188,952 \text{ cm}^2$$

Bila  $b=h$ , maka  $b^2 = 16115,498 \text{ cm}^2$

$$b = 126,95 \text{ cm}$$

Maka digunakan  $b = 130 \text{ cm}$

Agar lebih efisien maka digunakan dimensi kolom :

- *Basement* dan lantai 1 s.d.8 = 130 cm
- Lantai 9 s.d. 16 = 100 cm

#### 4.1.7. Perencanaan Tebal Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 tebal dinding pendukung tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil tidak kurang dari 100 mm. Maka dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

Tebal dinding geser	= 40 cm
Panjang bentang dinding	= 1000 cm
Tinggi dinding	= 300 cm
$T \geq H/25$	= $T \geq 12 \text{ cm (OK!)}$
$T \geq L/25$	= $T \geq 40 \text{ cm (OK!)}$
$T \geq 10 \text{ cm}$	= $T \geq 10 \text{ cm (OK!)}$

Dengan demikian dinding geser dengan tebal 45 cm memenuhi persyaratan.

### 4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.2.1 Perencanaan Pelat

Pelat yang digunakan dalam perencanaan gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya adalah pelat *Hollow Core Slab*. Peraturan yang digunakan untuk besar beban yang bekerja pada struktur pelat menggunakan SNI 2847:2013 dan PCI Handbook.

##### 4.2.1.1 Data Perencanaan Pelat *Hollow Core Slab*

Data perencanaan yang digunakan untuk *Hollow Core Slab* menurut *preliminary design* :

Tebal Pelat	= 15 cm
Mutu Beton	= 40 MPa



Lebar	= 5 meter
I	= 66,028 cm <sup>4</sup>
Berat sendiri	= 268,2 kg/m

#### 4.2.1.2 Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati sesuai peraturan PPIUG 1983, beban hidup sesuai peraturan SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.

Beban Mati :

Plat <i>Hollow Core Slab</i>	= 268,2 kg/m
Langgiti langit dan penggantung = 18 x 1,2	= 21,6 kg/m
Spesi (2 cm)	= 42 kg/m
DL	= 331,8 kg/m

Beban Hidup :

Beban Lantai Kantor = 240 x 1,2	= 288 kg/m
---------------------------------	------------

$$Q_u = 1,2DL + 1,6LL = 1,2(331,8) + 1,6(288) = 858,96 \text{ kg/m} \\ = 8,59 \text{ kN/m}$$

#### 4.2.1.3 Desain Kekuatan Lentur

Dengan menggunakan beban yang sudah ada, menghitung kekuatan *hollow core slab* terhadap gaya lentur.

- a. Pelat *Hollow Core Slab* ( L= 5 meter)

$$M_u = \frac{1}{8} \times q \times L^2 = \frac{1}{8} \times 8,59 \times 5^2 = 26,84 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$120,2 \text{ kNm} \geq 26,84 \text{ kNm (OK!)}$$

Karena kapasitas *hollow core slab* sudah memenuhi maka tidak diperlukan tulangan lentur.

- b. Pelat *Hollow Core Slab* ( L= 6,5 meter)

$$M_u = \frac{1}{8} \times q \times L^2 = \frac{1}{8} \times 8,59 \times 6,5^2 = 45,365 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$120,2 \text{ kNm} \geq 45,365 \text{ kNm (OK!)}$$

Karena kapasitas *hollow core slab* sudah memenuhi maka tidak diperlukan tulangan lentur.

#### 4.2.1.4 Desain Kuat Geser

Dengan menggunakan beban yang sudah ada, menghitung kekuatan *hollow core slab* terhadap gaya lentur.

a. Pelat Hollow Core Slab (L = 5 meter)

$$q_u = 8,59 \text{ kN/m}^2$$

$$V_u = q_u \times \frac{1}{2} \times L \\ = 21,475 \text{ kN}$$

$$2 V_u = 42,95 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 86,9 \text{ kN}$$

Karena  $\phi V_c > 2 V_u$  maka tidak diperlukan tulangan geser

b. Pelat Hollow Core Slab (L = 6,5 meter)

$$q_u = 8,59 \text{ kN/m}^2$$

$$V_u = q_u \times \frac{1}{2} \times L \\ = 27,9175 \text{ kN}$$

$$2 V_u = 55,835 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 86,9 \text{ kN}$$

Karena  $\phi V_c > 2 V_u$  maka tidak diperlukan tulangan geser

#### 4.2.1.5 Data Kontrol Prategang Hollow Core Slab

Berikut merupakan data perencanaan perhitungan tegangan saat transfer untuk *hollow core slab* dengan bentang 6,5 m pada lantai tipikal.

$$t_p \text{ (tebal plat)} = 150 \text{ mm}$$

$$b \text{ (lebar plat)} = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter strand} = 12,7 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah strand} = 5 \text{ buah}$$

$$F_{pu} = 1838 \text{ MPa}$$

$$\text{Initial stress (0,7 } f_{pu}) = 1286 \text{ MPa}$$

$$F_{c'} = 40 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 l \text{ (panjang bentang)} &= 6500 \text{ mm} \\
 e &= 10 \text{ mm} \\
 A \text{ (luas penampang)} &= 1117,5 \text{ cm}^2 \\
 &= 111750 \text{ mm}^2 \\
 I \text{ (momen inersia)} &= 29870 \text{ mm}^4 \\
 q_{\text{dead}} &= 2,68 \text{ N/mm} \\
 q_{\text{super dead}} &= 0,636 \text{ N/mm} \\
 q_{\text{live}} &= 2,88 \text{ N/mm} \\
 q_u &= 8,59 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.5.1 Kontrol Kehilangan Prategang

➤ Perpendekan Elastis

$$\begin{aligned}
 A_{ps} \times f_{pu} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times F_{pu} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12,7^2 \times 1838 \\
 &= 232832,1 \text{ N/strand} \\
 P_i &= 0,7 \times n \text{ strands} \times 232832,1 \\
 &= 0,7 \times 5 \times 232832,1 \\
 &= 1164160,4 \text{ N} \\
 M &= \frac{1}{8} \times q_{\text{dead}} \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 2,68 \times 6500^2 \\
 &= 14153750 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$F_{cir} = k_{cir} \left( \frac{P}{A} + \frac{P \times e^2}{I} \right) - \frac{M \times e}{I}$$

$$K_{cir} = 0,9 \text{ untuk beton pretension}$$

$$F_{cir} = 0,9 \left( \frac{1164160}{111750} + \frac{1164160 \times 10^2}{29870} \right) - \frac{14153750 \times 10}{29870}$$

$$= 8,1 \text{ MPa}$$

$$E_S = 200000 \text{ MPa}$$

$$F_{ci} = 0,95 f_{c'}$$

$$= 38 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{38}$$

$$= 28972 \text{ MPa}$$

$$K_{es} = 1 \text{ untuk beton pretension}$$

$$E_S = K_{es} \frac{E_S}{E_C} f_{cir}$$

$$= 1 \times \frac{200000}{28972} \times 8,1$$

$$= 55,961 \text{ MPa}$$

➤ Rangkak Beton

$$M_{c ds} = \frac{1}{8} \times q_{super\ dead} \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 0,636 \times 6500^2$$

$$= 3358875 \text{ Nmm}$$

$$F_{c ds} = \frac{M_{c ds} \times e}{I}$$

$$= \frac{3358875 \times 10}{29870}$$

$$= 1,16 \text{ MPa}$$

$$EC = 4700\sqrt{40}$$

$$= 29735,41 \text{ MPa}$$

$$K_{cr} = 2 \text{ untuk beton pretension}$$

$$CR = K_{cr} \times \frac{ES}{EC} (f_{cir} - f_{c ds})$$

$$= 2 \times \frac{200000}{29735,41} (8,11 - 1,16)$$

$$= 93,49 \text{ MPa}$$

➤ Susut Beton

$$V/S = 1,63$$

Memakai :

$$RH = \text{Tingkat kelembapan (70\%)}$$

$$K_{sh} = 1 \text{ untuk beton pratarik}$$

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} \times K_{sh} \times ES \times \left(1 - 0,06 \times \frac{V}{S}\right)$$

$$= 8,2 \times 10^{-6} \times 1 \times 20000 \times (1 - 0,06 \times 1,63)$$

$$= 1,48 \text{ MPa}$$

➤ Relaksasi Baja

$$K_{re} = 5000 \text{ psi} = 34,4738 \text{ MPa}$$

$$J = 0,04$$

$$C = 0,75 \text{ untuk } f_{si}/f_{pu} = 0,7$$

**Tabel 4.8** Tabel Kre dan J dengan Beberapa Tipe Tendon

Type of tendon	K <sub>re</sub> psi	J
270 Grade stress-relieved strand or wire	20,000	0.15
250 Grade stress-relieved strand or wire	18,500	0.14
240 or 235 Grade stress-relieved wire	17,600	0.13
270 Grade low-relaxation strand	5000	0.040
250 Grade low-relaxation wire	4630	0.037
240 or 235 Grade low-relaxation wire	4400	0.035
145 or 160 Grade stress-relieved bar	6000	0.05

(Sumber : PCI design Handbook)

**Tabel 4.9** Tabel Nilai C

f <sub>si</sub> /f <sub>pu</sub>	Stress-relieved strand or wire	Stress-relieved bar or low-relaxation strand or wire
0.80		1.28
0.79		1.22
0.78		1.16
0.77		1.11
0.76		1.05
0.75	1.45	1.00
0.74	1.36	0.95
0.73	1.27	0.90
0.72	1.18	0.85
0.70	1.00	0.75
0.69	0.94	0.70
0.68	0.89	0.66
0.67	0.83	0.61
0.66	0.78	0.57
0.65	0.73	0.53
0.64	0.68	0.49
0.63	0.63	0.45
0.62	0.58	0.41
0.61	0.53	0.37
0.60	0.49	0.33

(Sumber : PCI design Handbook)

$$\begin{aligned}
 RE &= (K_{re} - J(SH + CR + ES)) \times C \\
 &= (34,47 - 0,04(1,48 + 93,49 + 55,96)) \times 0,75 \\
 &= 21,33 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

➤ Total Kehilangan Prategang

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 55,96 + 93,49 + 1,48 + 21,33 \\ &= 172,26 \text{ MPa} \\ &= 13 \% \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama, untuk bentang 5 m diperoleh sebesar 17%

#### 4.2.1.5.2 Kontrol Defleksi Hollow Core Slab

➤ Camber

$$P_e = 135375,81 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Camber} &= \frac{P \times e \times l^2}{8 EI} - \frac{5 \times w \times l^4}{384 EI} \\ &= \frac{135375,81 \times 10 \times 6500^2}{8 \times 29725,42 \times 28970000} - \frac{5 \times 2,68 \times 6500^4}{384 \times 29725,42 \times 28970000} \\ &= 6,93 - 7,23 = -0,31 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama didapatkan camber sebesar 1,4 mm untuk pelat dengan panjang 5 m.

Condition	Without Composite Topping	With Composite Topping
At Erection:		
1. Deflection (downward) component - apply to the elastic deflection due to the member weight at release of prestress	1.85	1.85
2. Camber (upward) component - apply to the elastic camber due to the prestress at the time of release of prestress	1.80	1.80
Final:		
3. Deflection (downward) component - apply to the elastic deflection due to the member weight at release of prestress	2.70	2.40
4. Camber (upward) component - apply to the elastic camber due to prestress at the time of release of prestress	2.45	2.20
5. Deflection (downward) - apply to elastic deflection due to superimposed dead load only	3.00	3.00
6. Deflection (downward) - apply to elastic deflection caused by the composite topping	---	2.30

**Gambar 4.3** Faktor Pembesaran untuk Jangka Panjang

- *Erection Camber*  
(6,93 x 1,8) – (7,23 x 1,85) = - 0,92 mm
- *Final Camber*  
(6,93 x 2,45) – (7,23 x 2,7) = - 2,56 mm

Dengan menggunakan cara yang sama didapatkan erection camber sebesar 2,39 mm dan final camber sebesar 2,79 mm untuk pelat dengan panjang 5 m

➤ Defleksi

- Defleksi karena beban *Super dead*

$$\frac{5 \times q_{\text{super dead}} \times l^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 0,636 \times 6500^4}{384 \times 2972,75 \times 28970000} = 1,72 \text{ mm}$$

- *Final Deflection*

$$1,72 \times 3 = 5,15 \text{ mm}$$

- Defleksi karena Beban *Live Load*

$$\frac{5 \times q_{\text{live}} \times l^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 2,88 \times 6500^4}{384 \times 2972,75 \times 28970000} = 7,77 \text{ mm}$$

- Posisi Terakhir

$$7,77 + 5,15 + 2,56 = 15,49 \text{ mm (ke bawah)}$$

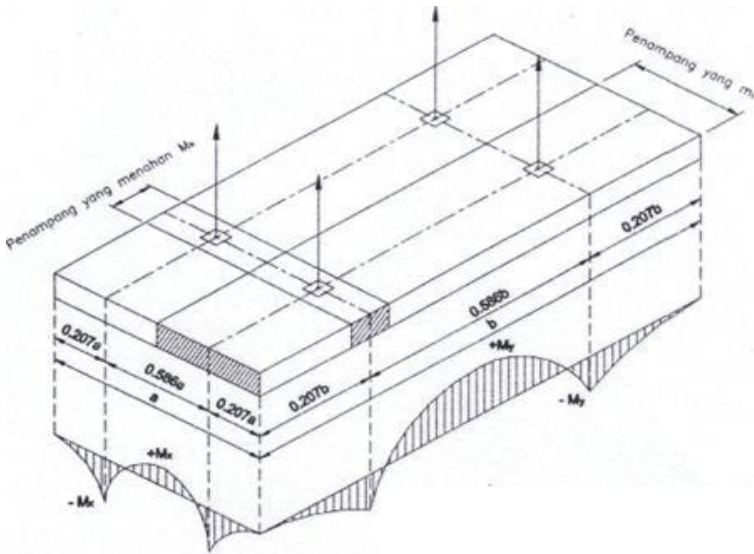
Dengan menggunakan cara yang sama didapatkan defleksi sebesar 1,73 mm ke arah bawah untuk pelat dengan panjang 5 m.

#### 4.2.1.6 Perencanaan Tulangan Angkat Pelat

Dalam pemasangan pelat *hollow core slab*, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe HS 2 dengan panjang 6,5 meter dengan empat titik pengangkatan.



➤ Perhitungan Tulangan Angkat Pelat



**Gambar 4.4** Model Pengangkatan Pelat  
(Sumber: PCI Design Handbook 4<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete)

Dimana :

$$M + = \frac{q \times L \times X}{2} - \frac{q \times L^2}{8}$$

$$M - = \frac{q \times X^2}{2}$$

$$M + = - M -$$

$$\frac{q \times L \times X}{2} - \frac{q \times L^2}{8} = - \frac{q \times X^2}{2}$$

Sehingga didapatkan persamaan =  $4x^2 + 4Lx - L^2 = 0$

Diketahui

Untuk L = 6,5 meter = x = 1,35 meter

Untuk L = 5 meter = x = 1,035 meter

Untuk L = 1,2 meter = x = 0,25 meter

Berat sendiri pelat =  $268,2 \times 6,5 = 1743,3 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} T = P &= \frac{W}{4} \\ &= \frac{1743,3}{4} \\ &= 435,83 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut PBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang adalah  $f_y/1,5$ . Jika dipakai tulangan dengan muu  $f_y = 420 \text{ Mpa}$ ,

Maka :

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

$$\begin{aligned} \phi_{\text{tulangan angkat}} &\geq \sqrt{\frac{4 \times 435,83}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}} \\ \phi_{\text{tulangan angkat}} &\geq \sqrt{\frac{4 \times 435,83}{2800 \times \pi}} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,44 \text{ cm}$$

Digunakan tulangan D9 mm

- Kontrol Tulangan Angkat Pelat

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

$f_{\text{cr}}$  untuk beton 3 hari adalah :

$$f_{\text{cr}} = 0,7 \times \sqrt{f'c} = 0,7 \times \sqrt{40} = 4,43 \text{ MPa}$$

$$yc = 0,5 \times 0,15 = 0,075 \text{ m}$$

$$w = \frac{268,2}{1,2} = 223,5 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan *PCI Design Handbook, Precast and Prestressed Concrete*, momen maksimum diperhitungan dengan rumus :

$$\begin{aligned} M_x &= \frac{223,5 \times 0,25^2}{2} \\ &= 22,4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{223,5 \times 1,35^2}{2} \\ &= 121,2 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M = \left( \frac{P \times yc}{\tan 45} \right) = \left( \frac{435,83 \times 0,075}{1} \right) = 32,7 \text{ kgm}$$

$M_y$  ditahan oleh penampang selebar  $a/2 = 1,2/2 = 0,6 \text{ m}$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 600 \times 150^2 = 2250000 \text{ mm}^3$$

$$M_{y_{\text{total}}} = 121,2 + 32,7 = 153,9 \text{ kgm}$$

$$= 1539338 \text{ Nmm}$$

$$f_t = \frac{M_{y_{\text{total}}}}{Z} = \frac{1539338}{2250000} = 0,68 \text{ MPa} < f_{cr} = 4,43 \text{ MPa}$$

Mx ditahan oleh penampang selebar  $b/2 = 6,5/2 = 3,25 \text{ m}$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 3250 \times 150^2 = 12187500 \text{ mm}^3$$

$$M_{x_{\text{total}}} = 22,4 + 32,7 = 55,1 \text{ kgm}$$

$$= 550712,2 \text{ Nmm}$$

$$f_t = \frac{M_{x_{\text{total}}}}{Z} = \frac{550712,2}{12187500} = 0,05 \text{ MPa} < f_{cr} = 4,43 \text{ MPa}$$

#### 4.2.2. Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada di balok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

##### 4.2.2.1. Dimensi Awal

- Dimensi balok anak :  $40 \times 50 \text{ cm}$
- Mutu beton ( $f'c$ ) :  $40 \text{ MPa}$
- Mutu baja ( $f_y$ ) :  $420 \text{ MPa}$
- Tulangan lentur : D22
- Tulangan sengkang :  $\emptyset 10$

Dalam perhitungan balok anak, akan dilakukan perhitungan sebelum komposit dan perhitungan sesudah komposit. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit.

##### 4.2.2.2. Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak merupakan berat sendiri dari balok anak dan semua beban merata yang terjadi pada pelat termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata

yang berada diatas pelat. Distribusi beban pada balok dapat dianggap seagai beban persegi pada lajur yang memanjang

a. Pembebanan Sebelum Komposit :

$$L_x = 500 \text{ cm}$$

$$L_y = 1000 \text{ cm}$$

- Beban mati ( $Q_{DL}$ )

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,45 \times 0,45 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 540 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q \text{ pelat sebelum komposit} = 268,2 \text{ kg/m}$$

Kombinasi beban

$Q_u$  sebelum komposit

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 \times (540+268,2) + 1,6 \times 0 \\ &= 969,84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Pembebanan Setelah Komposit :

- Beban mati ( $Q_{DL}$ )

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,45 \times 0,65 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 702 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q \text{ pelat sesudah komposit} = 268,2 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup ( $Q_{LL}$ )

$$\text{Beban Pekerja} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi beban

$Q_u$  sebelum komposit

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 \times (702+268,2) + 1,6 \times 250 \\ &= 1564,24 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### 4.2.2.3 Perhitungan Momen dan Gaya Geser

Perhitungan momen dan gaya lintang sesuai dengan ikhtisar momen-momen dan gaya melintang dari SNI 2847:2013 pasal 8.3.3

#### Momen Sebelum Komposit

Asumsi balok berada di atas dua tumpuan sederhana (sendi-rol)

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 1/8 \times (969,84) \times 10^2 = 12123 \text{ kgm} \\ V &= 1/2 \times (969,84) \times 10 = 4849,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### Momen Sesudah Komposit

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= -1/10 \times (1564,24) \times 10^2 = -17370,4 \text{ kgm} \\ M_{\text{tumpuan}} &= 1/16 \times (1564,24) \times 10^2 = 10856,5 \text{ kgm} \\ V &= 1/2 \times (1737,04) \times 10 = 8685,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 4.2.2.4 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Dimensi balok anak 45/65

$$\begin{aligned} \text{Tebal selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\ \text{D tulangan utama} &= 25 \text{ mm} \\ \text{D tulangan sengkang} &= 10 \text{ mm} \\ \text{Mutu beton (f'c)} &= 40 \text{ MPa} \\ \text{Mutu baja (fy)} &= 420 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

$$d = 450 - 150 - 40 - 10 - 1/2 (25) = 237,5$$

$$\beta_1 = 0,8 \quad \text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3}$$

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,8 \text{ mm}^2$$

$$P_{\min} = 0,0018 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Tulangan Lapangan

$$M_{\text{Lapangan}} = 14553 \text{ kgm} = 145530000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{145530000}{0,9 \times 400 \times 237,5^2} = 1,553$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,553}{420}} \right) \\
 &= 0,0037
 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0037 > \rho_{\text{min}} = 0,0018$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0037 \times 400 \times 237,5 = 669,309 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{SD25}} = \frac{669,309}{490,9} = 1,36 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasangan} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\
 &= 2 \times 490,9 \\
 &= 981,75 \geq A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK!)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D25

b. Perhitungan tulangan sesudah komposit

$$d = 650 - 40 - 10 - \frac{1}{2}(25) = 587,5$$

$$\beta_1 = 0,8 \quad \text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3}$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

$$P_{\text{min}} = 0,0018 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{cr}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Tulangan Lapangan

$$M_{L_{\text{lapangan}}} = 17080,8 \text{ kgm} = 170808000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{170808000}{0,9 \times 400 \times 587,5^2} = 1,82$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,82}{420}} \right)$$

$$= 0,0044$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0044 > \rho_{\text{min}} = 0,0018$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,0044 \times 400 \times 587,5 = 1034 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{AsD25} = \frac{1034}{490,9} = 2,1 \approx 3 \text{ buah}$$

$$As_{\text{pasangan}} = \text{jumlah tulangan} \times A D25$$

$$= 3 \times 490,9$$

$$= 1472,62 \geq As_{\text{perlu}} \text{ (OK!)}$$

Maka digunakan tulangan lentur 3D25

#### Tulangan Tumpuan

$$M_{\text{Tumpuan}} = 10675,5 \text{ kgm} = 106755000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{106755000}{0,9 \times 400 \times 587,5^2} = 1,139$$

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

$$= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,139}{420}} \right)$$

$$= 0,0027$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0027 > \rho_{\text{min}} = 0,0018$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,0027 \times 400 \times 587,5 = 634,5 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{AsD25} = \frac{634,5}{490,9} = 1,29 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasangan} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\
 &= 2 \times 490,9 \\
 &= 981,75 \geq \text{As perlu (OK!)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D25

#### 4.2.2.5. Perhitungan Tulangan Geser

a. Perhitungan tulangan sebelum komposit

$$V_u = 4849,2 \text{ kg} = 58212 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 450 \times 389 \\
 &= 279387,2313 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 279387,23 \\
 &= 209540,42 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 209540,42 = 104770,2117 \text{ N}$$

Karena  $V_u < 0,5 \phi V_c$  maka digunakan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan  $\phi 10$  mm dengan mutu baja  $f_y$  420 Mpa.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.3 jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1.  $S \leq d/2$   
 $S \leq 294,5 \text{ mm}$
2.  $S = 600 \text{ mm}$

Maka, dipakai sengkang  $\phi 10$  - 250 mm

b. Perhitungan tulangan sesudah komposit

$$V_u = 8685,2 \text{ kg} = 86852 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 450 \times 389
 \end{aligned}$$



$$= 279387,23 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 279387,23$$

$$= 209540,43 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 209540,43 = 104770,2117 \text{ N}$$

Karena  $V_u < 0,5 \phi V_c$  maka dibutuhkan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan  $\phi 10$  mm dengan mutu baja  $f_y$  420 Mpa.

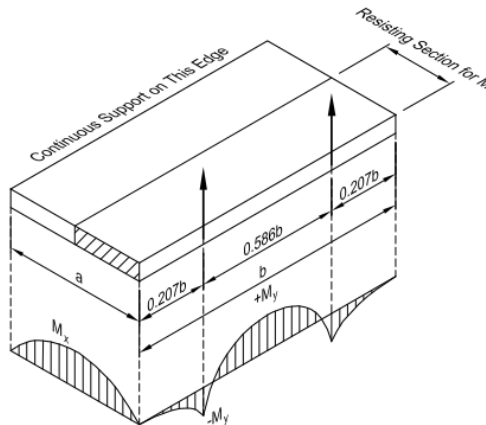
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.3 jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1.  $S \leq d/2$   
 $S \leq 294,5 \text{ mm}$
2.  $S = 600 \text{ mm}$

Maka, dipakai sengkang  $\phi 10 - 250 \text{ mm}$

#### 4.2.2.6. Tulangan Angkat balok anak

Dalam pengangkatan balok anak diperlukan perencanaan tulangan yang kuat untuk menahan beban saat membawa balok anak



**Gambar 4.5** Model Pengangkatan Balok

Dimana :

$$M_+ = \frac{q \times L \times X}{2} - \frac{q \times L^2}{8}$$

$$M_- = \frac{q \times x^2}{2}$$

$$M_+ = -M_-$$

$$\frac{q \times L \times X}{2} - \frac{q \times L^2}{8} = -\frac{q \times x^2}{2}$$

Didapatkan persamaan  $= 4x^2 + 4Lx - L^2 = 0$

Diketahui :

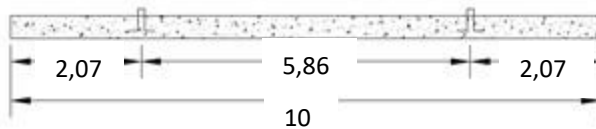
$$L = 10 \text{ m}$$

$$\text{Didapatkan } X = 2,07 \text{ m}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 45 \times 32,5^3 = 128730,468 \text{ cm}^4$$

$$f_{t\text{ijin}} = 0,7 \times \sqrt{f'c'} = 0,7 \times \sqrt{40} = 4,43 \text{ MPa}$$

$$W_t = \frac{1}{6} \times 450 \times 650^2 = 31687500 \text{ mm}^3$$



**Gambar 4.6** Letak Titik Pengangkatan

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,45 \times 0,65 \times 10 \times 2400 = 7020 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T \sin \phi &= P = \frac{1,2 \times k \times W}{2} \\ &= \frac{1,2 \times 1,7 \times 7020}{2} \\ &= 7160,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T = \frac{7160,4}{\sin 45} = 10126,33 \text{ kg}$$

Menurut PBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang adalah  $f_y/1,5$ . Jika dipakai tulangan dengan muu  $f_y = 420 \text{ Mpa}$ ,

Maka :

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

$$\phi_{tulangan\ angkat} \geq \sqrt{\frac{4 \times Pu}{\sigma_{ijin} \times \pi}}$$

$$\phi_{tulangan\ angkat} \geq \sqrt{\frac{4 \times 10126,33}{2800 \times \pi}}$$

$$\phi_{tulangan\ angkat} \geq 2,14 \text{ cm}$$

Digunakan tulangan D22 mm

- **Kontrol Momen Angkat Balok**

$$\text{Berat balok} = 1560 \text{ kg/m}^2$$

Dalam upaya untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2

Momen

$$+M = -M = \frac{q \times x^2}{2}$$

$$= 751,14 \text{ kgm}$$

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{751,14 \times 10^4}{31687500} = 0,237 \text{ MPa} < f_{ijin} = 4,43 \text{ MPa (OK!)}$$

#### 4.2.2.7. Penulangan Balok Anak yang Terpasang

Penulangan balok anak yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari keadaan sebelum komposit dan keadaan sesudah komposit.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi Tulangan Balok Anak

Kode Balok	L	B	h	Tulangan Lapan gan	Tulangan Tumpuan	Sengkan g	Tulangan Angkat
	mm	m m	m m				
B3	1000	450	650	3D25	2D25	D10-250 mm	D22
B4	6500	300	450	2D25	2D25	D10-150 mm	D16

### 4.2.3. Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai *frame* statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan sendi. Struktur tangga ke atas dan ke bawah tipikal.

#### 4.2.3.1 Dimensi Awal

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Tinggi antar lantai = 300 cm
- Panjang bordes = 500 cm
- Lebar bordes = 350 cm
- Lebar tangga = 175 cm
- Tebal pelat tangga ( $t_p$ ) = 20 cm
- Tinggi injakan ( $t$ ) = 15 cm
- Lebar injakan ( $i$ ) = 30 cm
- Jumlah tanjakan ( $n_T$ ) =  $\frac{\text{tinggi lantai}}{t} = 20$  buah
- Jumlah injakan ( $n_i$ ) =  $n_T - 1 = 19$  buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 10 buah
- Jumlah tanjakan ke bordes lantai 2 = 10 buah
- Elevasi bordes = 150 cm
- Panjang horisontal plat tangga =  $i \times \text{jumlah tanjakan}$   
=  $30 \times 6 = 180$  cm

- Kemiringan tangga ( $\alpha$ )

$$\text{Arc tan } \alpha = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horisontal plat tangga}} = \frac{150}{180} = 0,8$$

Jadi,  $\alpha = 39^\circ$

Cek syarat :

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

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

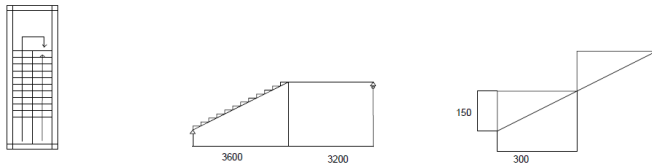
$$60 \leq 60 \leq 65 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 39^\circ \leq 40^\circ \dots (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat rata-rata anak tangga} &= (i/2) \sin \alpha \\ &= (30/2) \sin 39^\circ \\ &= 9,44 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat rata-rata} &= t_p + t_r = 20 + 9,44 \\ &= 29,44 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm} \end{aligned}$$



**Gambar 4.7** Perencanaan Tangga

#### 4.2.3.2. Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur

##### a. **Pembebanan Tangga**

##### **Beban Mati (DL)**

$$\text{Pelat tangga} = \frac{0,3}{\cos 39} \times 2400 \times 1 \text{ m} = 926,47 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel horizontal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel vertikal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi horizontal (2 cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesi vertikal (2 cm)} &= 42 \text{ kg/m} \\ \text{Sandaran} &= \underline{50 \text{ kg/m}} \\ \text{Total (DL)} &= 1108,47 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= 1,2(1108,47) + 1,6(479) \\ &= 2096,56 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat Bordes} = 0,2 \times 2400 \times 1 = 480 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi (2cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = \underline{24 \text{ kg/m}}$$

$$\text{Total} = 546 \text{ kg/m}$$

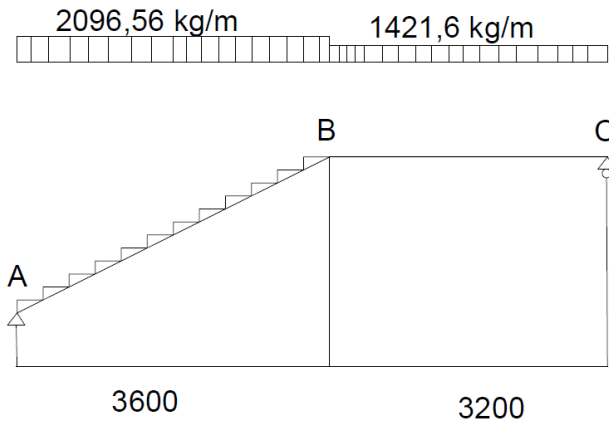
$$\text{Beban Hidup (LL)} = 1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= 1,2(546) + 1,6(479) \\ &= 1421,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.2.3.3. Analisa Gaya Gaya Dalam

Pada proses analisa struktur tangga ini, menggunakan perhitungan statis tertentu dengan menggunakan perletakan Sendi-Rol, di mana pembebanan tangga dan model seperti pada Gambar 4.8 :



**Gambar 4.8** Sketsa beban pada tangga

- $\sum M_A = 0$

$$(RC \times 6,8) - (1421,6 \times 3,2 \times (1,6 + 3,6)) - (2096,56 \times 3,6 \times 1,8) = 0$$

$$RC = 5476,6 \text{ kg}$$

- $\sum H = 0$

$$H_A = 0$$

- $\sum V_A = 0$

$$RC + RA - (q_2 \times (3,2)) - (q_1 \times 3,6) = 0$$

$$5476,6 + RA - (1421,6 \times 3,2) - (2096,56 \times 3,6) = 0$$

$$RA = 6620,1 \text{ kg}$$

Pelat Tangga A-B (3,6 m)

a. Gaya Momen (M)

Momen maksimum apabila :

$$\frac{\sum M_{x_1}}{\sum X_1} = 0$$

$$R_A - q_1 \times X = 0$$

$$x = \frac{R_A}{q_1} = \frac{4107,3}{2096,56} = 3,16 \text{ m} < 3,6 \text{ m}$$

Momen maksimum terjadi di titik  $x = 3,16 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_A \times x - \frac{1}{2} q_1 \times x^2 \\ &= 10451,81 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_B &= R_A \times 3,6 - \left( \frac{1}{2} \times q_1 \times 3,6^2 \right) \\ &= 10246,7 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Gaya Lintang (D)

$$D_x = R_A \times \cos 30^\circ - (q_1 \cos 30^\circ \times x_1)$$

$$\text{Titik A } (X_1 = 0); \quad D_A = 5733,17 \text{ kg}$$

$$\text{Titik B } (X_1 = 3,6 \text{ m}); \quad D_B = -803,25 \text{ kg}$$

c. Gaya Normal (N)

$$N_x = -R_A \times \sin 30^\circ + (q_1 \sin 30^\circ \times x_1)$$

$$\text{Titik A } (X_1 = 0); \quad N_A = -3310,05 \text{ kg}$$

$$\text{Titik B } (X_1 = 3,6 \text{ m}); \quad N_B = 463,74 \text{ kg}$$



Pelat Bordes B-C (3,2 m)

a. Gaya Momen (M)

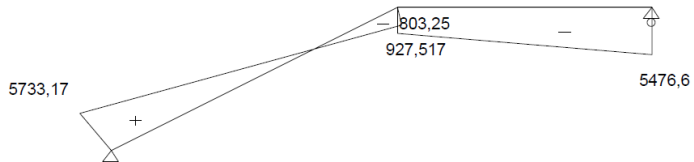
$$\text{Titik C } M_C = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Titik B } M_B = 10246,7 \text{ kgm}$$

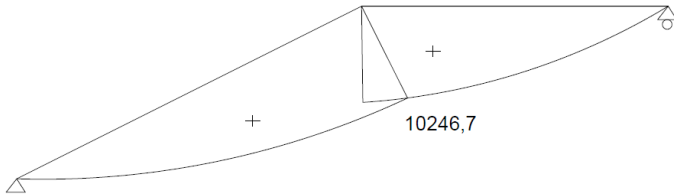
b. Gaya Lintang (D)

$$\text{Titik C } D_C = -R_C = -5476,6 \text{ kg}$$

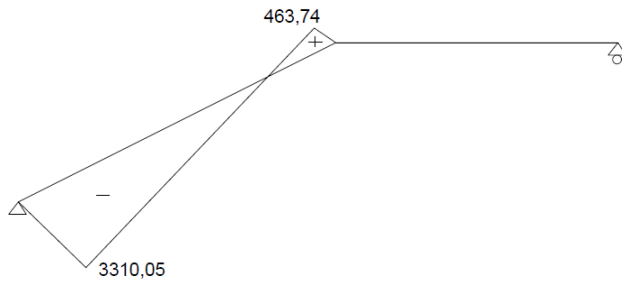
$$\begin{aligned} \text{Titik B } D_B &= -R_C + (q_2 \times 3,2) \\ &= -927,517 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 4.9** Bidang D tangga



**Gambar 4.10** Bidang M tangga



**Gambar 4.11** Bidang N tangga

#### 4.2.3.4. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan bordes

##### a. Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data – Data Perencanaan

Mutu beton ( $f'c$ ) = 35 MPa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 Mpa

D tulangan lentur = 16 mm

D tulangan susut = 13 mm

Berat jenis beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>

Tebal pelat tangga = 200 mm

Tebal pelat bordes = 200 mm

Tebal selimut beton = 20 mm

$d = 200 - 20 - \frac{1}{2}(16) = 172\text{mm}$

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

$$= 0,8 \geq 0,65 \text{ (OK!)}$$

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,00352$$

Pakai  $\rho_{\min} = 0,00352$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,117$$

##### Penulangan pelat tangga

Tulangan utama

$M_{\max} = 102532209,9 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{102532209}{0,9 \times 1000 \times 172^2} = 4,3$$

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

$$= \frac{1}{14,117} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 4,3}{420}} \right)$$

$$= 0,0112$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0112 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,0112 \times 1000 \times 172 = 1926,5 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{D16}} = \frac{1926,5}{201,06} = 9,58 \approx 10 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 10 D16

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan utama} &\leq 3 \times \text{tebal pelat} \\ &\leq 1050 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = 1000/10 = 100 \approx 100 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai} = 100 \text{ mm} \leq S_{\text{maks}} \text{ (OK!)}$$

Digunakan tulangan lentur D16 -100 mm

Penulangan arah melintang pelat

Penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan :  $\rho = 0,002$  (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 172 = 344 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{D13}} = \frac{344}{132,7} = 2,6 \approx 3 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 3D13

$$\text{Jarak tulangan, } S = 1000/3 = 333,3 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur D13-300 mm

Penulangan Geser

Berdasarkan (SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2)

Komponen struktur yang dibebani tekan aksial memiliki :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 + \left(1 + \frac{Nu}{14 Ag}\right) \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d \\
 &= 0,17 + \left(1 + \frac{32471,6}{14 \times 200 \times 1000}\right) \times \sqrt{35} \times 1000 \times 172 \\
 &= 1029367 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,5\phi V_c &= 0,5 \times 0,75 \times 1029367 \text{ N} \\
 &= 386012,5 \text{ N} > V_u = 56242,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan geser

### Penulangan Pelat Bordes

Tulangan utama

$$M_{\max} = 100519606,7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{100519606,7}{0,9 \times 1000 \times 172^2} = 4,2$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \\
 &= \frac{1}{14,117} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 4,2}{420}}\right) \\
 &= 0,011
 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,011 > \rho_{\min} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,011 \times 1000 \times 172 = 1885,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{sD16}} = \frac{1885,2}{201,06} = 9,38 \approx 10 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 10 D16

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tulangan utama} &\leq 3 \times \text{tebal pelat} \\
 &\leq 1050 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = 1000/10 = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai} = 100 \text{ mm} \leq S_{\text{maks}} \text{ (OK!)}$$

Digunakan tulangan lentur D16 - 100 mm

Penulangan arah melintang pelat

Penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan :  $\rho = 0,002$  (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 172 = 344 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{D13}} = \frac{344}{132,7} = 2,6 \approx 3 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 3D13

Jarak tulangan,  $S = 1000/3 = 333,3 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur D13-300 mm

Penulangan Geser

Berdasarkan (SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Komponen struktur yang dibebani tekan aksial memiliki :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{35} \times 1000 \times 172 \\ &= 172986,17 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5\phi V_c &= 0,5 \times 0,75 \times 172986,17 \text{ N} \\ &= 64869,82 \text{ N} > V_u = 53725,81 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan geser

#### **b. Perhitungan Balok Bordes**

Perencanaan dimensi balok bordes

$$h = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 500 = 31,25 \approx 40$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{1}{16} \times 31,25 = 20,83 \approx 30$$

Dipakai dimensi balok bordes 30/40

## Pembebanan Balok Bordes

## Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= 0,3 \times 0,4 \times 2400 && = 288 \text{ kg/m} \\ & && \text{Qd} && = 288 \text{ kg/m} \\ \text{Qd ultimate} &= 1,2 \times 1538 && = 345,6 \text{ kg/m} \\ \text{Beban pelat bordes} & && = 1421,6 \text{ kg/m} \\ \text{Qu} & && = 1705,95 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan} &= \frac{1}{24} \times qu \times L^2 = \frac{1}{24} \times 1705,95 \times 3,2^2 \\ &= 727,87 \text{ kgm} \\ &= 7140443 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan} &= \frac{1}{12} \times qu \times L^2 = \frac{1}{12} \times 1705,95 \times 3,2^2 \\ &= 1455,75 \text{ kgm} \\ &= 14280886,81 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

## Gaya geser balok bordes

$$Vu \text{ total} = 0,5 \times qu \times L = 0,5 \times 1705,95 \times 3,2 = 2329,197 \text{ kg}$$

➤ **Penulangan Lentur Balok Bordes**

## Direncanakan

$$D \text{ sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Selimut} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga } d = 400 - 40 - 10 - 11 = 339 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'c' - 28)}{7} \geq 0,65 \\ &= 0,8 \geq 0,65 \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 201,061 \text{ mm}^2$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$P_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c'}}{fy} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,00352$$

$$\text{Pakai } \rho_{\min} = 0,00352$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c'} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,117$$

Penulangan Lapangan

$$M_{\max} = 14280886,81 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{14280886,81}{0,9 \times 300 \times 339^2} = 0,6$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,117} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 0,6}{420}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,002 < \rho_{\min} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\min}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 300 \times 339 = 591,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{SD22}} = \frac{591,5}{380,13} = 1,56 \approx 2 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D22

Penulangan Tumpuan

$$M_{\max} = 7140443,4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{7140443,4}{0,9 \times 300 \times 339^2} = 0,3$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,117} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 0,3}{420}} \right) \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,001 < \rho_{\min} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:



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

$$= 0,0035 \times 300 \times 339 = 591,5 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{AsD22} = \frac{591,5}{380,13} = 1,56 \approx 2 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D22

### ➤ **Penulangan Geser Balok Bordes**

$$V_u \text{ total} = 22849,4 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 339 = 100277,552 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 100277,552 = 75208,164 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 37604,082$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times 300 \times 339 = 33900 \text{ N}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 17.5 : Bila  $V_u$  kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton  $V_c$ , maka tidak perlu diberi tulangan geser. Karena  $V_u < 0,5 \phi V_c$  maka diberi tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ perlu} = V_s \text{ min} = 33900 \text{ N}$$

Dipakai tulangan 2D10

$$A_v = 2 \times 78,54 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, di mana:

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 420 \times 339}{33900} = 659,73 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang  $2h = 2 \times 400 = 800 \text{ mm}$  dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1.  $d/4 = 339/4 = 84,75 \text{ mm}$
2.  $8 \times D_{\text{tul longitudinal}} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$

3.  $24 \times \phi \text{ tul sengkang} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$

4. 300 mm

Dari syarat, maka diambil sengkang di daerah plastis  $\phi 10-80 \text{ mm}$ . Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.3 bahwa jarak sengkang di luar sendi plastis sepanjang balok tidak lebih dari:

$$s \leq d/2 \\ \leq 339/2 = 169,5 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis  $\phi 10-150 \text{ mm}$ .

## 4.2.4 Perencanaan Balok Lift

### 4.2.4.1 Data Perencanaan

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh SIGMA Elevator Company dengan data-data spesifikasi sebagai berikut:

Tipe Lift : IRIS NV Standard

Kapasitas : 1000 Kg

Kecepatan : 1.0 m/s

Motor : 18.5 KW

Lebar pintu (*opening width*) : 1100 mm

Dimensi sangkar (*car size*)

- *Car wide* (CW) = 2150 mm

- *Car depth* (CD) = 1600 mm

Dimensi ruang luncur (*hoistway size*) Duplex

- *Hoistway width* (HW) = 5550 mm

- *Hoistway depth* (HD) = 2300 mm

Beban reaksi ruang mesin

$$R_1 = 10200 \text{ kg}$$

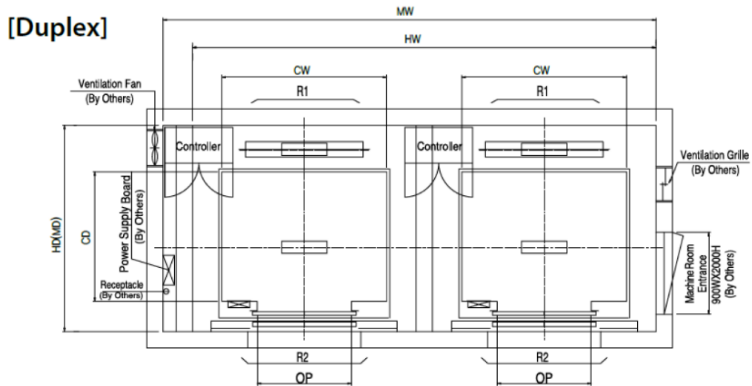
$$R_2 = 7000 \text{ kg}$$

Penjelasan mengenai spesifikasi lift yang dipakai disajikan dalam **Tabel 4.11** :

**Tabel 4.11** Spesifikasi C300 Pasenger Elevator

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size	
	Person	Load (kg)		CW	CD
1	6	450	800	1400	850
	8	550	800	1400	1030
	9	600	800	1400	1130
	10	680	800	1400	1250
	11	750	800	1400	1350
	13	900	900	1600	1350
	15	1000	900	1600	1500
	17	1150	1000	1800	1500
			1100	2000	1350
	20	1350	1100	1800	1700
1100			2000	1500	
24	1600	1100	2000	1750	
			2150	1600	
Hoistway Size					
Simplex			Duplex		
HW	HD		HW	HD	
1800	1500		3750	1500	
1800	1700		3750	1700	

1800	1750	3750	1750
1800	1900	3750	1900
1800	2000	3750	2000
2000	2000	3750	2000
2000	2150	4150	2150
2350	2200	4150	2200
2550	2050	5250	2050
2350	2400	4850	2400
2550	2200	5250	2200
2550	2450	5250	2450
2700	2300	5550	2300
Reaction Load			
Machine Room		Pit	
R1	R2	R3	R4
3600	2000	3800	3150
4050	2500	4550	3350
4100	2500	4700	3450
4200	2850	5000	3650
4550	2900	5200	3750
5100	3800	6300	4500
5450	4300	6600	4700
8000	5200	9550	7150
8900	6000	10200	7500
10200	7000	10950	8700



**Gambar 4.12** Ruang Lift

#### 4.2.4.2. Perencanaan Dimensi Balok Lift

##### a. Balok Penumpu Depan dan Belakang

Panjang balok penumpu = 500 cm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 500 \text{ cm} = 31,25 \approx 60 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = \frac{2}{3} \times 31,25 \text{ cm} = 20,833 \approx 40 \text{ cm}$$

Dirancang dimensi balok penumpu 40/60 cm

##### b. Balok Penggantungan lift

Panjang balok penumpu = 300 cm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 300 \text{ cm} = 18,75 \approx 40 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = \frac{2}{3} \times 18,75 \text{ cm} = 12,5 \approx 30 \text{ cm}$$

Dirancang dimensi balok penumpu 30/40 cm

#### 4.2.4.3. Pembebanan Lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpang

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan, dan akibat bandul pemberat + perlengkapan.

2. Koefisien kejutan beban hidup oleh keran

Pasal 3.3(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejutan yang ditentukan dengan rumus berikut:

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Di mana:

$\Psi$  = koefisien kejutan yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

$v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s.

$k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

$k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah:

$$\begin{aligned} P &= \sum R \times \Psi = (5450 + 4300) \times (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \\ &= 28275 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.2.4.4. Balok Penganntung Lift 30/40

##### a. Pembebanan

Beban mati lantai :

$$\text{Aspal (t=2cm)} = 0,02 \times 1400 \times 3 = 84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Pelat} = 268,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Akibat balok} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = \underline{288 \text{ kg/m}}$$

$$Q_D = 640,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban hidup (} Q_L \text{)} = 666,67 \text{ kg/m}$$

Kombinasi beban :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 Q_D + 1,6 Q_L \\ &= 1,2 (640,2) + 1,6 (666,67) \\ &= 1834,912 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat lift (P) = 28275 kg

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} p \\ &= \frac{1}{2} \times 1834,912 \times 3 + \frac{1}{2} \times 28275 \\ &= 16889,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} p L \\ &= \frac{1}{8} \times 1834,912 \times 3^2 + \frac{1}{4} \times 28275 \times 3 \\ &= 23270,526 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Data Perencanaan

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

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

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$D \text{ sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Selimut} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga } d = 400 - 40 - 10 - 11 = 339 \text{ mm}$$

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

$$= 0,8 \geq 0,65 \text{ (OK!)}$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 201,061 \text{ mm}^2$$

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

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,033$$

$$P_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$P_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,00352$$

Pakai  $\rho_{\min} = 0,00352$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c'} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,117$$

## b. Perhitungan Tulangan Lentur

$$M_{\max} = 232705260 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{232705260}{0,9 \times 300 \times 339^2} = 7,5$$

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

$$= \frac{1}{14,117} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 7,5}{420}} \right)$$

$$= 0,02$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,02 > \rho_{\min} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,02 \times 300 \times 339 = 2131,269 \text{ mm}^2$$



$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As \text{ perlu}}{AsD22} = \frac{2131,269}{380,13} = 5,6 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasangan} &= \text{jumlah tulangan} \times A D22 \\ &= 6 \times 380,13 \\ &= 2280,796 \geq \text{As perlu (OK!)} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 6 D22

### c. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 16889,87 \text{ kg} = 168898,7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times bw \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 339 = 100277,552 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 100277,552 = 75208,164 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 37604,082$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times 300 \times 339 = 33900 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Phi(V_c + V_s \text{ min}) &= 0,75 (100277,552 + 33900) \\ &= 100633,164 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi(V_c + \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times bw \times d) \\ &= 0,75(100277,552 + \frac{1}{3} \times \sqrt{35} \times 300 \times 339) \\ &= 225624,492 \end{aligned}$$

$$\Phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \Phi(V_c + \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times bw \times d)$$

Maka perlu tulangan geser

$$\begin{aligned} \Phi V_s \text{ perlu} &= V_u - \Phi V_c \\ \Phi V_s \text{ perlu} &= 184434,8 - 75208,164 \\ &= 109226,636 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat  $S_{\text{max}} < d/2 = 169,5$  dan  $S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$

$$A_v = 2 A_s = 2(78,54) = 157,08 \text{ mm}^2$$

Pasang 2D10-100 mm

Kontrol  $V_s$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157,08 \times 420 \times 339}{100} = 223650 > V_u \text{ (OK!)}$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penggantung lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

- Tulangan lentur 7 D22
- Tulangan geser D10-100 mm

#### 4.2.4.5 Balok Penumpu Depan dan Belakang Lift

##### a. Pembebanan

Beban mati lantai :

$$\text{Aspal (t=2cm)} = 0,02 \times 1400 \times 3 = 84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Pelat} = 268,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Akibat balok} = 0,4 \times 0,6 \times 2400 = \underline{576 \text{ kg/m}}$$

$$Q_D = 928,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban hidup (} Q_L) = 666,67 \text{ kg/m}$$

Kombinasi beban :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 Q_D + 1,6 Q_L \\ &= 1,2 (928,2) + 1,6 (666,67) \\ &= 2180,512 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat lift (P) = 28275 kg

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} p \\ &= \frac{1}{2} \times 2180,512 \times 5 + \frac{1}{2} \times 28275 \\ &= 19588,78 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} pL \\ &= \frac{1}{8} \times 2180,512 \times 5^2 + \frac{1}{4} \times 28275 \times 5 \\ &= 42157,85 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Data Perencanaan

$f_c'$	= 35Mpa
$f_y$	= 420 Mpa
b	= 400 mm
h	= 600 mm
D sengkang	= 10 mm
D tulangan	= 22 mm
Tebal Selimut	= 40 mm

Sehingga  $d = 600 - 40 - 10 - 11 = 539 \text{ mm}$

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

$$= 0,8 \geq 0,65 \text{ (OK!)}$$

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 201,061 \text{ mm}^2$$

$$P_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c' \left( \frac{600}{600 + fy} \right)}{fy}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35 \left( \frac{600}{600 + 420} \right)}{420}$$

$$= 0,033$$

$$P_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$P_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c'}}{fy} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,00352$$

Pakai  $\rho_{\min} = 0,00352$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c'} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,117$$

### b. Perhitungan Tulangan Lentur

$$M_{\max} = 421578500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1116838000}{0,9 \times 400 \times 539^2} = 4,03$$

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

$$= \frac{1}{14,117} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 4,03}{420}} \right)$$

$$= 0,0103$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0103 > \rho_{\min} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,0103 \times 400 \times 539 = 2232,33 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As \text{ perlu}}{AsD22} = \frac{2232,33}{380,13} = 5,87 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasangan} &= \text{jumlah tulangan} \times A D22 \\ &= 6 \times 380,13 \\ &= 2280,796 \geq \text{As perlu (OK!)} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 6D22

### c. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 19588,78 \text{ kg} = 195887,8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 400 \times 539 = 212584,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 212584,5 = 159438,4 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 79719,18 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times 400 \times 539 = 71866,67 \text{ N}$$

$$\Phi(V_c + V_s \text{ min}) = 213338,4 \text{ N}$$

$$\Phi(V_c + \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b w \times d)$$

$$= 478315,1 \text{ N}$$

$$\Phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \Phi(V_c + \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b w \times d)$$

Maka perlu tulangan geser

$$\begin{aligned} \Phi V_{S \text{ perlu}} &= V_u - \Phi V_c \\ \Phi V_{S \text{ perlu}} &= 240390 - 159438,4 \\ &= 80951,65 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat  $S_{\text{max}} < d/2 = 169,5$  dan  $S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$

$$A_v = 2 A_s = 2(78,54) = 157,08 \text{ mm}^2$$

Pasang D10-125 mm

Kontrol  $V_s$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157,08 \times 420 \times 339}{125} = 284477,5 > V_u \text{ (OK!)}$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penggantung lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

- Tulangan lentur 19 D22
- Tulangan geser D10-125 mm

### 4.3 Permodelan Struktur

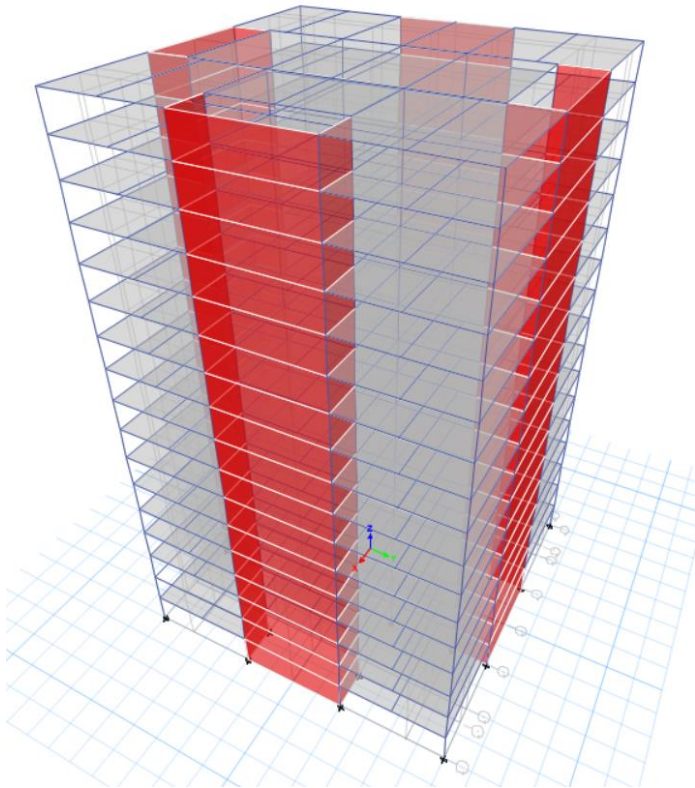
#### 4.3.1 Umum

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

#### 4.3.2 Data- Data Perencanaan

Data- data perancangan gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya adalah sebagai berikut :

Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 MPa
Mutu baja tulangan ( $f_y$ )	: 420 MPa
Fungsi bangunan	: Perkantoran
Jumlah tingkat	: 16 lantai
Tinggi tiap tingkat	: 3 m
Tinggi bangunan	: 48 meter
Dimensi balok induk	: 60/85 cm <sup>2</sup> 60/85 cm <sup>2</sup>
Dimensi balok anak	: 45/65 cm <sup>2</sup> 30/45 cm <sup>2</sup>
Dimensi kolom	: 100/100 cm <sup>2</sup> 130/130 cm <sup>2</sup>
Tipe tanah	: SD



**Gambar 4.13** Permodelan 3D Struktur Utama

### 4.3.3 Perhitungan Beban Gravitasi

Pembebanan gravitasi struktur pada sistem ganda diterima oleh rangka dan dinding geser. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur.

- Pembebanan gravitasi pada lantai 1-16

Beban Mati

Spesi (2cm) : 48 kg/m<sup>2</sup>

Penggantung dan plafond : 18 kg/m<sup>2</sup>

Dinding bata ringan : 550 kg/m<sup>3</sup>

Pelat <i>hollow core slab</i>	: 268,2 kg/m
Berat sendiri beton	: 2400 kg/m <sup>3</sup>
Beban Hidup (SNI 1727:2013)	
Beban kantor	: 240 kg/m <sup>2</sup>
Beban Lorong (2-16)	: 383 kg/m <sup>2</sup>
Beban Lorong (1)	: 479 kg/m <sup>2</sup>
Beban ruang meeting	: 479 kg/m <sup>2</sup>
• Pembebanan gravitasi pada lantai atap	
Beban Mati	
Pelat <i>hollow core slab</i>	: 268 kg/m
Aspal	: 14 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung dan plafond	: 18 kg/m <sup>2</sup>
Berat sendiri beton	: 2400 kg/m <sup>3</sup>
Beban Hidup (SNI 1727:2013)	
Beban air hujan	: 20 kg/m <sup>2</sup>
Beban hidup	: 100 kg/m <sup>2</sup>

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya gesernya sudah mencapai 85% gaya geser statik. Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur akan diambil dari hasil analisis menggunakan ETABS dengan kombinasi 1D+0,3L.

#### 4.3.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan akibat

penjumlahan beban-beban yang berkerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*)

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1727:2013 pasal 9.2.1 bangunan tahan gempa sebagai berikut :

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

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

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

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

Keterangan :

U = beban ultimate

D = beban mati

W = beban angin

E = beban gempa

R = beban air hujan

L = beban hidup

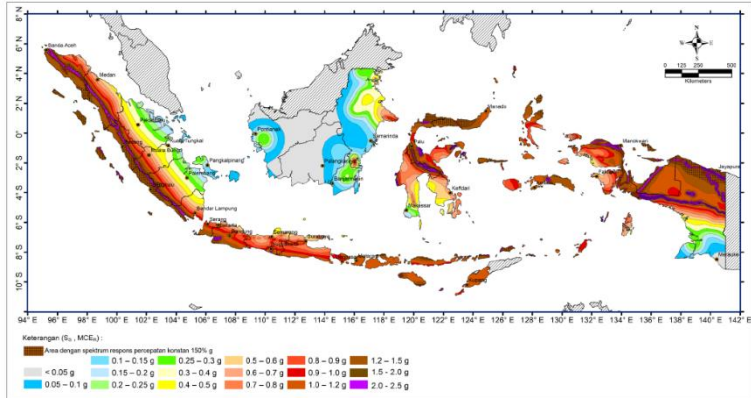
L<sub>r</sub> = beban hidup atap



### 4.3.5 Analisa Beban Gempa

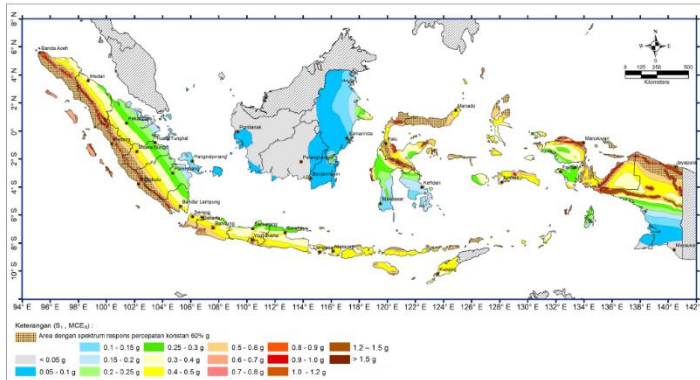
#### 4.3.5.1 Percepatan Respon Spektrum (MCE)

Peta untuk menentukan wilayah gempa dapat dilihat pada Gambar 4. dan gambar 4.



**Gambar 4.14** Peta untuk menentukan harga  $S_s$

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas SB untuk probabilitas terlampaui 2%. Dari gambar 4. Untuk daerah Cilacap didapatkan  $S_s = 0,9$  g.



**Gambar 4.15** Peta untuk menentukan harga  $S_1$

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas SB untuk probabilitas terlampaui 2%. Dari gambar 4. Untuk daerah Cilacap didapatkan  $S_1 = 0,45$  g.

Tahanan penetrasi standar lapangan rata rata sesuai RSN12 1726:201x pasal 5.4.2 didapat perhitungan:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{1.797553}} = \frac{30}{1.797553} = 16,68$$

Dengan nilai  $N = 16,68$  didapat klasifikasi situs tanah sedang (SD)

Untuk menentukan nilai  $F_a$  (koefisien situs untuk periode 0,2 detik) dan  $F_v$  (koefisien situs untuk periode 1 detik), didapat dari **Tabel 4.12** dan **Tabel 4.13**

**Tabel 4.12** Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ Terpetakan Pada Periode Pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

**Tabel 4.13** Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ Terpetakan Pada Periode Pendek, $T = 1$ detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
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	$SS^b$				

Dari data diatas diperoleh data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_s &= 0,9 \\
 S_1 &= 0,45 \\
 F_a &= 1,15 \\
 F_v &= 1,55
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,15 \times 0,9 \\ &= 1,035 \end{aligned}$$

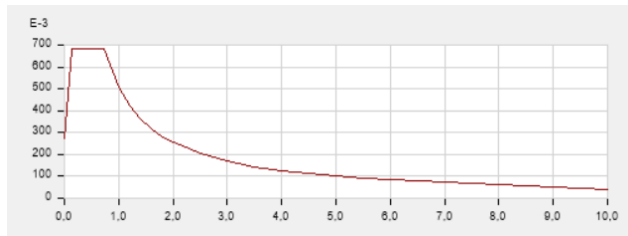
$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_1 \\ &= 1,55 \times 0,45 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,035 = 0,69$$

(SNI 1726:2012 Pers. 6.2-3)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,7 = 0,467$$

(SNI 1726:2012 Pers. 6.2-3)



**Gambar 4. 16** Grafik Respon Spektrum Daerah Cilacap

Bangunan ini direncanakan akan dibangun di daerah kota Cilacap yang mempunyai parameter kecepatan respon spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen sebesar = 0,69 dan parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh situs  $SD_1 = 0,467$ . Berdasarkan tabel 4. Dan tabel 4. Maka didapat kota Cilacap mempunyai kategori resiko D

**Tabel 4.14** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda 0,2 detik

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	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
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 4.15** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda 1 detik

Nilai $S_{DI}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 12 RSNI 1726:201x didapatkan bahwa kriteria desain yang tepat sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sebagai sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah dengan dinding geser beton bertulang khusus.

#### 4.3.6 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur gedung *office tower* Capital Square Surabaya ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai RSNI 1726:201x. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

#### 4.3.6.1 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah  $x$  dan  $y$  secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum  $X$  :

100% efektivitas untuk arah  $X$  dan 30% efektivitas arah  $Y$

- Gempa Respon Spektrum  $Y$  :

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

#### 4.3.6.2 Faktor Reduksi Gempa ( $R$ )

Gedung ini direncanakan dengan sistem rangka bangunan dengan dinding geser beton bertulang khusus. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 5 nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 6  $\frac{1}{2}$  dan nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ ) = 2  $\frac{1}{2}$ .

#### 4.3.6.3 Faktor Keutamaan ( $I_e$ )

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan ( $I_e$ ). Gedung ini direncanakan sebagai bangunan perkantoran. Pada tabel 3 RSN 1726: 201x bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .

#### 4.3.7 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan

peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol beban graviasi
- Kontrol sistem ganda
- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol respon seismik
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

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

#### 4.3.7.1 Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu ETABS 2017 dengan desain bangunan gedung. Sesuai nilai beban mati yang telah dijelaskan pada bagian 4.3.3 diatas, rekapitulasi beban mati dan beban hidup ditunjukkan pada tabel 4. berikut :

**Tabel 4.16** Total Beban Hidup dan Beban Mati Perhitungan Manual

Beban Hidup (kN)	Beban Mati (kN)
39298	140909,6

Didapatkan total beban mati dan beban hidup (1D+1L) sebesar 180207,59 kN. Pembebanan yang diinputkan pada ETABS harus mendekati dengan hasil perhitungan manual dengan batas toleransi 5%.Berikut adalah pembebanan gravitasi yang didapatkan dari ETABS.

**Tabel 4.17** Pembebanan Gravitasi pada ETABS

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
1D + 1L	0	0	188653,8

Jadi total beban gravitasi pada ETABS (1D+1L) sebesar 188653,8 kN. Sehingga didapatkan selisih perhitungan beban secara manual dan ETABS sebesar 4,6 %.

#### 4.3.7.2 Kontrol Sistem Rangka Gedung

Untuk sistem rangka gedung, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

**Tabel 4.18** Persentase Gaya Geser yang Mampu Dipikul Sistem Struktur

Pemikul Gaya Geser	Arah X (N)	%	Arah Y (N)	%
Dinding Geser	261983	65	78683	62
Sistem Rangka	141859,9	35	48508,6	38

Dari hasil perhitungan Tabel 4.19 di atas, kontrol sistem rangka gedung memenuhi.

#### 4.3.7.3 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan RSNI 1726:201x, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_1 \times h_n^x$$

Koefisien  $C_1$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 15 SNI 1726:2012



**Tabel 4.19** Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$ 

Typo Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

**Tabel 4.20** Koefisien untuk Batas Atas dari Periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

$$T_x = 0,0466 (48)^{0,9} = 1,518 \text{ s}$$

$$T_y = 0,0466 (48)^{0,9} = 1,518 \text{ s}$$

Dengan  $S_{D1} = 0,467$  maka didapatkan koefisien  $C_u = 1,4$

$$T = T_a \times C_u = 1,518 \times 1,4 = 2,126 \text{ s}$$

**Tabel 4.21** Modal Periode dan Frekuensi Struktur

Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	0,733
Modal	2	0,688
Modal	3	0,477
Modal	4	0,178
Modal	5	0,176
Modal	6	0,121
Modal	7	0,091
Modal	8	0,085
Modal	9	0,066
Modal	10	0,062
Modal	11	0,056
Modal	12	0,054

T terbesar yang didapat dari analisis ETABS = 0,733 s maka :

$$0,733 < 2,126 \text{ s (OK!)}$$

#### 4.3.7.4 Kontrol Respon Seismik

Berdasarkan RSNi 1726:201x, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \times W$$

Dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,69}{\left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,1$$

Dan nilai  $C_s$  tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,467}{0,786\left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,091$$

Dan nilai  $C_s$  tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,5 \times 0,45}{\left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,0346$$

Maka diambil nilai  $C_s = 0,091$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung adalah :

**Tabel 4.22** Reaksi Dasar Struktur

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	N
1D + 0,3L	0	0	161059080,4

Dari tabel diatas didapat berat total struktur adalah 161059080,4. Maka:

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \times W \\ &= 0,091 \times 161059080,4 \\ &= 14656376,32 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

**Tabel 4.23** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Load Case/Combo	FX	FY
	N	N
Gempa X Max	10601469	3061726,3
Gempa Y Max	3180453	10205753

Kontrol :

- Untuk gempa arah X ;  
 $V_{\text{dinamik}} > V_{\text{statik}}$   
 $10601469 \text{ N} > 14656376,32 \text{ N}$  (Not Ok)
- Untuk gempa arah Y  
 $V_{\text{dinamik}} > V_{\text{statik}}$   
 $10205753 \text{ N} > 14656376,32 \text{ N}$  (Not Ok)

Dari kontrol diatas, analisis struktur masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada RSNI 1726:201 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala  $\frac{C_s W}{V}$

- Untuk arah X

$$\frac{14656376,32}{10601469} = 1,39$$

- Untuk arah Y

$$\frac{14656376,32}{10205753} = 1,44$$

Setelah dikalikan dengan faktor skala diatas didapatkan gaya geser dasar pada **Tabel 4.24** sebagai berikut :

**Tabel 4.24** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

Load Case/Combo	FX	FY
	N	N
Gempa X Max	14736041,2	4408885,87
Gempa Y Max	4420829,67	14696284

Kontrol :

- Untuk gempa arah X ;  
 $V_{\text{dinamik}} > V_{\text{statik}}$   
 $14736041,2 > 14656376,32 \text{ N (OK!)}$
- Untuk gempa arah Y  
 $V_{\text{dinamik}} > V_{\text{statik}}$   
 $14696284 \text{ N} > 14656376,32 \text{ N (OK!)}$

#### 4.3.7.5 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan R SNI 1726:201x Pasal 7.8.6 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

$\Delta_i$  = simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = \frac{C_D \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2:

$$\Delta_1 = \delta_{e2} - \delta_{e1} \frac{C_D}{I}$$

Dimana :

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I$  = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem ganda rangka pemikul momen menengah dengan dinding geser beton bertulang khusus yang ditetapkan pada tabel 12 R SNI 1726: 201x didapatkan nilai  $C_d = 5$  dan dari tabel 4

RSNI 1726: 201x didapatkan nilai  $I = 1$ . Dari tabel 20 RSNI 1726:201x didapatkan simpangan ijin antar tingkat adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times h_{5\%}$$

Dimana :

$h_{5\%}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 3 m, simpangan ijinnya adalah:

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,02 \times 3 \\ &= 0,06 \text{ m} \\ &= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program ETABS, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.25** Simpangan Antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa arah X		Gempa arah Y	
	Zi	Simpangan		Simpangan	
	(m)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
Atap	48	25,08	7,47	7,52	24,9
16	45	23,45	6,98	7,03	23,3
15	42	21,69	6,46	6,5	21,55
14	39	19,9	5,93	5,97	19,8
13	36	18,11	5,4	5,43	18
12	33	16,3	4,86	4,89	16,2
11	30	14,46	4,3	4,34	14,38
10	27	12,65	3,77	3,8	12,58
9	24	10,8	3,23	3,25	10,77
8	21	9,12	2,7	2,73	9,08
7	18	7,45	2,2	2,23	7,42
6	15	5,87	1,75	1,76	5,85
5	12	4,4	1,32	1,32	4,4
4	9	3,09	0,93	0,9	3,09
3	6	1,96	0,59	0,59	1,96
2	3	1,03	0,31	0,31	1,05
1	0	0,38	0,12	0,12	0,39
Base	-3	0	0	0	0

**Tabel 4.26** Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa  
Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
Atap	48	25,08	125,4	8,15	60	OK
16	45	23,45	117,25	8,8	60	OK
15	42	21,69	108,45	8,95	60	OK
14	39	19,9	99,5	8,95	60	OK
13	36	18,11	90,55	9,05	60	OK
12	33	16,3	81,5	9,2	60	OK
11	30	14,46	72,3	9,05	60	OK
10	27	12,65	63,25	9,25	60	OK
9	24	10,8	54	8,4	60	OK
8	21	9,12	45,6	8,35	60	OK
7	18	7,45	37,25	7,9	60	OK
6	15	5,87	29,35	7,35	60	OK
5	12	4,4	22	6,55	60	OK
4	9	3,09	15,45	5,65	60	OK
3	6	1,96	9,8	4,65	60	OK
2	3	1,03	5,15	3,25	60	OK
1	0	0,38	1,9	1,9	60	OK
Base	-3	0	0	0	60	OK



**Tabel 4.27** Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
Atap	48	7,47	37,35	2,45	60	OK
16	45	6,98	34,9	2,6	60	OK
15	42	6,46	32,3	2,65	60	OK
14	39	5,93	29,65	2,65	60	OK
13	36	5,4	27	2,7	60	OK
12	33	4,86	24,3	2,8	60	OK
11	30	4,3	21,5	2,65	60	OK
10	27	3,77	18,85	2,7	60	OK
9	24	3,23	16,15	2,65	60	OK
8	21	2,7	13,5	2,5	60	OK
7	18	2,2	11	2,25	60	OK
6	15	1,75	8,75	2,15	60	OK
5	12	1,32	6,6	1,95	60	OK
4	9	0,93	4,65	1,7	60	OK
3	6	0,59	2,95	1,4	60	OK
2	3	0,31	1,55	0,95	60	OK
1	0	0,12	0,6	0,6	60	OK
Base	-3	0	0	0	60	OK

**Tabel 4.28** Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa  
Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
Atap	48	7,52	37,6	2,45	60	OK
16	45	7,03	35,15	2,65	60	OK
15	42	6,5	32,5	2,65	60	OK
14	39	5,97	29,85	2,7	60	OK
13	36	5,43	27,15	2,7	60	OK
12	33	4,89	24,45	2,75	60	OK
11	30	4,34	21,7	2,7	60	OK
10	27	3,8	19	2,75	60	OK
9	24	3,25	16,25	2,6	60	OK
8	21	2,73	13,65	2,5	60	OK
7	18	2,23	11,15	2,35	60	OK
6	15	1,76	8,8	2,2	60	OK
5	12	1,32	6,6	2,1	60	OK
4	9	0,9	4,5	1,55	60	OK
3	6	0,59	2,95	1,4	60	OK
2	3	0,31	1,55	0,95	60	OK
1	0	0,12	0,6	0,6	60	OK
Base	-3	0	0	0	60	OK

**Tabel 4.29** Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
Atap	48	24,9	124,5	8	60	OK
16	45	23,3	116,5	8,75	60	OK
15	42	21,55	107,75	8,75	60	OK
14	39	19,8	99	9	60	OK
13	36	18	90	9	60	OK
12	33	16,2	81	9,1	60	OK
11	30	14,38	71,9	9	60	OK
10	27	12,58	62,9	9,05	60	OK
9	24	10,77	53,85	8,45	60	OK
8	21	9,08	45,4	8,3	60	OK
7	18	7,42	37,1	7,85	60	OK
6	15	5,85	29,25	7,25	60	OK
5	12	4,4	22	6,55	60	OK
4	9	3,09	15,45	5,65	60	OK
3	6	1,96	9,8	4,55	60	OK
2	3	1,05	5,25	3,3	60	OK
1	0	0,39	1,95	1,95	60	OK
Base	-3	0	0	0	60	OK

Dari hasil kontrol tabel diatas maka analisis struktur gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya memenuhi persyaratan sesuai dengan RSNI 1726: 201x pasal 7.8.6 dan 7.12.1.

#### 4.3.7.6 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut R SNI 1726:201x pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah. Dalam hal ini digunakan bantuan program ETABS untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada **Tabel 4.30** berikut:

**Tabel 4.30** Modal Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		sec		
Modal	1	0,786	0,6701	1,08E-05
Modal	2	0,78	0,6701	0,6709
Modal	3	0,52	0,6701	0,6709
Modal	4	0,19	0,8632	0,6709
Modal	5	0,189	0,8632	0,8639
Modal	6	0,126	0,8632	0,8639
Modal	7	0,092	0,9219	0,8639
Modal	8	0,091	0,9219	0,9228
Modal	9	0,063	0,9494	0,9228
Modal	10	0,061	0,9494	0,95
Modal	11	0,061	0,9494	0,9503
Modal	12	0,048	0,9655	0,9503

Dari tabel diatas didapat partisipasi massa arah X sebesar 92% pada modal ke 7 dan partisipasi arah Y sebesar 92% pada modal ke 8. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada RSNI 1726:201x pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

## 4.4 Struktur Utama

### 4.4.1 Umum

Struktur utama merupakan suatu komponen utama di mana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Komponen utama terdiri dari balok induk, kolom, dan dinding geser. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur utama mencakup kebutuhan tulangan yang diperlukan pada komponen tersebut.

### 4.4.2 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Di dalam *preliminary design* Gedung *Office Tower Capital Square* Surabaya direncanakan dimensi balok induk dengan menggunakan sistem pracetak.

#### 4.4.2.1 Penulangan Lentur Balok Induk

Balok induk yang direncanakan adalah balok induk dengan sistem pracetak. Penulangan lentur balok ini harus memperhatikan dua kondisi, yaitu kondisi sebelum komposit dan setelah komposit. Dari dua kondisi tersebut dipilih tulangan yang lebih kritis untuk digunakan pada penulangan balok induk tersebut. Pada perhitungan akan dihitung Balok Induk B1 dengan bentang 10 m

Data Perencanaan :

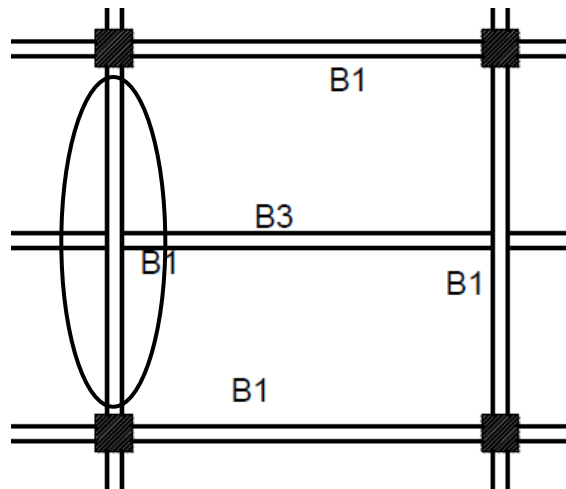
Mutu beton ( $f_c'$ )	= 40 MPa
Mutu baja tulangan ( $f_y$ )	= 420 MPa
Dimensi Balok Induk	= 60/85 cm
Diameter tulangan longitudinal	= 25 mm
Diameter tulangan sengkang	= 13 mm

#### 4.4.2.2 Penulangan Lentur Balok Induk Melintang Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, balok pracetak dimodelkan sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebanan yang digunakan untuk menghitung tulangan pada kondisi sebelum komposit adalah beban yang berasal dari pelat, *overtopping* dan berat balok itu sendiri. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk akan dihitung sebagai beban dengan konsep *tributary area*.

##### a. Pelat dalam kondisi terdapat *overtopping*

Pada kondisi komposit, beban yang dihitung hanyalah menerima beban mati dan beban hidup dari pelat *hollow core*, balok anak, serta berat dari balok induk itu sendiri.



Gambar 4.17 Detail Pembalokan

➤ **Pembebanan Balok Anak :**

- **Beban ultimate**

Beban ultimeter pada balok anak =  $969,84 \text{ kg/m} \times 5 \text{ m}$

$$= 4849,2 \text{ kg (perhitungan bab 4.2.2.2)}$$

$$P_u = V_{u \text{ balok anak}} = 4849,2 \text{ kg}$$

➤ **Beban pada balok induk**

Beban yang terjadi pada balok induk adalah berat sendiri balok induk, beban pelat dan beban  $P_u$  dari pembebanan balok anak.

- **Beban Mati**

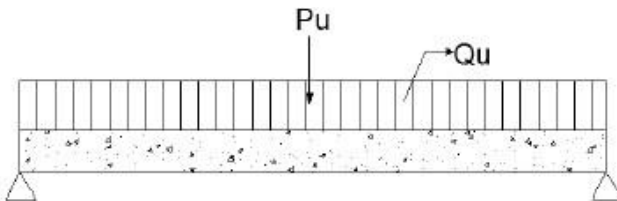
$$\text{Berat Balok Induk} = 0,6 \times 0,85 \times 2400 = 1224 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Pelat} = \frac{1}{2} \times 268,2 \times 2 = 268,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Mati Balok induk} = 1,2(1224 + 268,2)$$

$$= 1790,64 \text{ kg/m}$$

Dari data perhitungan di atas didapatkan pembebanan balok induk sebelum komposit sebagai berikut :



**Gambar 4.18** Pembebanan B1 Sebelum Komposit

Momen yang terjadi sebelum komposit adalah sebagai berikut :

$$M_u = \left(\frac{1}{8} \times Qu \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times P \times L\right)$$

$$\begin{aligned} M_u &= \left(\frac{1}{8} \times 1790,64 \times 10^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 4849,2 \times 10\right) \\ &= 46629 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Jadi, momen ( $M_u$ ) yang akan dipakai dalam perhitungan tulangan lentur balok induk sebelum komposit adalah 54771,2 kgm.

### ➤ **Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit**

Data Perencanaan

Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 40 MPa

Mutu Baja ( $f_y$ ) = 420 MPa

Dimensi Balok = 60/65 cm

Diameter Tulangan Utama = 25 mm

Diameter Tulangan Sengkang = 13 mm

Selimut = 40 mm

$$\begin{aligned} d &= h - \text{selimut} - \phi - \frac{1}{2} d_b \\ &= 650 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 25 \\ &= 584,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \geq 0,65 \\ &= 0,7624 \end{aligned}$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$P_{\min} = \frac{0,5 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00753$$

Digunakan  $\rho_{\min}$  terbesar antara 2 perhitungan  $\rho_{\min}$  di atas,

$$\rho_{\min} = 0,00753$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 21.5.2.1)}$$



$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

➤ Tulangan Tumpuan

Karena perletakan sebelum komposit dianggap sendi maka momen tumpuannya adalah nol.

➤ Tulangan Lapangan

$$Mu = 46629 \text{ kgm} = 466290000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{466290000}{0,9 \times 650 \times 784,5^2} = 1,29$$

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

$$= \frac{1}{12,35} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,29}{420}} \right)$$

$$= 0,0031$$

$P_{\text{perlu}} = 0,0031 < \rho_{\text{min}} = 0,00753$  maka dipakai  $\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

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

$$= 0,00753 \times 650 \times 584,5$$

$$= 3839,34 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s \phi 25} = \frac{3839,34}{490,87} = 7,82 \approx 8$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \text{jumlah tulangan} \times A_{S_{25}}$$

$$= 8 \times 490,87$$

$$= 3926 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK!)}$$

### Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 \times A_{s\text{perlu}} = 0,5 \times 3839,34 \\ &= 1919,6719 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \emptyset 25} = \frac{1919,6719}{490,87} = 3,91 \approx 4$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{s25} \\ &= 4 \times 490,87 \\ &= 1963,495 > A_{s\text{perlu}} \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

### 4.4.2.3 Penulangan Lentur Setelah Komposit

#### Data Perencanaan

Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 40 MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 420 MPa
Dimensi Balok	= 60/85 cm
Diameter Tulangan Utama	= 25 mm
Diameter Tulangan Sengkang	= 13 mm
Selimut	= 40 mm
$d$	= $h - \text{selimut} - \emptyset - \frac{1}{2} d_b$ = $850 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 25$ = 784,5
$d'$	= $40 + 13 + (\frac{1}{2} \times 25)$ = 65,5 mm
$\beta_1$	= $0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \geq 0,65$ = 0,7624
$P_{\min}$	= $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$
$P_{\min}$	= $\frac{0,5 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00753$

Digunakan  $\rho_{\min}$  terbesar antara 2 perhitungan  $\rho_{\min}$  di atas,

$$\rho_{\min} = 0,00753$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 21.5.2.1)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

### ➤ **Balok T**

Lebar efektif balok T-Beam

$$be_1 = \frac{1}{4} \times L = 2500 \text{ mm}$$

$$be_2 = b_w + (8 \times t_p) = 1850 \text{ mm}$$

$$be_3 = b_w + 2(l_n/2) = 9350 \text{ mm}$$

### ➤ **Momen yang terjadi sesudah komposit (ETABS)**

Momen Tumpuan

$$\text{Atas} = -127,4 \text{ kNm}$$

$$\text{Bawah} = 674,26 \text{ kNm}$$

Momen Lapangan

$$\text{Atas} = -684,32 \text{ kNm}$$

$$\text{Bawah} = 205,75 \text{ kNm}$$

### ➤ **Penulangan Tumpuan**

#### • **Tulangan Tumpuan Atas**

$$M_u = -127,4 \text{ kNm} = 127430000 \text{ Nmm}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_{c'}}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00376$$

Digunakan  $\rho_{\min}$  terbesar antara 2 perhitungan  $\rho_{\min}$  di atas,

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 21.5.2.1)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{127430000}{0,9 \times 650 \times 784,5^2} = 0,575$$

$$\begin{aligned} P_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,575}{420}} \right) \\ &= 0,00138 \end{aligned}$$

$P_{\text{perlu}} = 0,00138 < \rho_{\text{min}} = 0,00376$  maka dipakai  $\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00376 \times 650 \times 784,5 \\ &= 1772,005 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s \phi 25} = \frac{1772,005}{490,87} = 3,609 \approx 4$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{S_{25}} \\ &= 4 \times 490,87 \\ &= 1963,5 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

- **Tulangan Tumpuan Bawah**

$$Mu = 674,26 \text{ kNm} = 674260000 \text{ Nmm}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$P_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$P_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00376$$

Digunakan  $\rho_{\min}$  terbesar antara 2 perhitungan  $\rho_{\min}$  di atas,

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 21.5.2.1)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{674260000}{0,9 \times 650 \times 784,5^2} = 3,04$$

$$\begin{aligned} P_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 3,04}{420}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,0076$$

$P_{\text{perlu}} = 0,0076 > \rho_{\min} = 0,00376$  maka dipakai  $P_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

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

$$= 0,0076 \times 650 \times 784,5$$

$$= 2385,783 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s \phi 25} = \frac{2385,783}{490,87} = 4,86 \approx 7$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \text{jumlah tulangan} \times A_{S_{25}}$$

$$= 7 \times 490,87$$

$$= 3436,12 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK!)}$$

- **Analisa tulangan rangkap**

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{3436,117}{650 \times 784,5} = 0,00782 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho' = \frac{A_{s'}}{b_w \times d} = \frac{1963,5}{650 \times 784,5} = 0,00625 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y}$$

$$0,0047 \geq \frac{0,85 \times 40 \times 0,7642 \times 65,5}{420 \times 784,5} \times \frac{600}{600 - 420}$$

$0,0047 \leq 0,0172$  (Tulangan tekan belum leleh)

$$\text{Maka : } A_s f_y = 0,85 f_c' \beta_1 c \cdot b + A_s' s \left[ 600 \times \left( \frac{c - d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

Didapatkan  $c = 67,28$  mm

$$a = \beta_1 \times c = 0,7642 \times 67,28 = 51,42$$
 mm

$$f_s' = 600 \times \frac{c - d'}{c} \leq f_y$$

$$f_s' = 600 \times \frac{80,1 - 65,5}{80,1} \leq 420$$

$$f_s' = 15,87 \leq 420$$
 (tulangan tekan dalam kondisi tarik)

diambil  $f_s' = 15,87$

Kondisi Tekan :

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \times f_y - A_s' \times f_s') \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times f_s' \times (d - d') \\ &= (3436,117 \times 420 - 1963,5 \times 15,87) \times \left( 784,5 - \frac{51,42}{2} \right) + \\ &1963,5 \times 15,87 \times (784,5 - 65,5) \end{aligned}$$

$$= 1093821309 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset = 0,75 + 0,15 \left[ \left( \frac{1}{c/d} \right) - \left( \frac{5}{3} \right) \right]$$

$$= 2,24 \leq 0,9$$

Dipakai  $\emptyset = 0,9$

$$\emptyset M_n > M_u$$

$$984439178,5 > 674260000 \text{ (OK!)}$$

### ➤ Penulangan Lapangan

Penulangan lentur lapangan didasarkan pada nilai momen yang terjadi di daerah lapangan. Balok di lapangan dianggap balok T palsu.

#### • Tulangan Lapangan Atas

$$Mu = 684,32 \text{ kNm} = 684320000 \text{ Nmm}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$P_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c'}}{fy} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00376$$

Digunakan  $\rho_{\min}$  terbesar antara 2 perhitungan  $\rho_{\min}$  di atas,

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 21.5.2.1)}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{684320000}{0,9 \times 650 \times 784,5^2} = 3,08$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 3,08}{420}} \right) \\ &= 0,0077 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0077 > \rho_{\text{min}} = 0,00376$  maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0077 \times 650 \times 784,5 \\ &= 2423,255 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ } \varnothing 25}} = \frac{2423,255}{490,87} = 4,93 \approx 5$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{S_{25}} \\ &= 5 \times 490,87 \\ &= 2454,37 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

- **Tulangan Lapangan Bawah**

$$Mu = 205,75 \text{ kNm} = 205750000 \text{ Nmm}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_{c'c}}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00376$$

Digunakan  $\rho_{\text{min}}$  terbesar antara 2 perhitungan  $\rho_{\text{min}}$  di atas,

$$\rho_{\text{min}} = 0,00376$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 21.5.2.1)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'c}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{Mu}{\varnothing \times b \times d^2} = \frac{205750000}{0,9 \times 650 \times 784,5^2} = 0,928$$



$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,928}{420}} \right) \\ &= 0,00224\end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00224 < \rho_{\text{min}} = 0,00376$  maka dipakai  $\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00376 \times 650 \times 784,5 \\ &= 1772,004 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \emptyset 25} = \frac{1772,04}{490,87} = 3,6 \approx 4$$

$$\begin{aligned}A_{s\text{pasang}} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{s25} \\ &= 4 \times 490,87 \\ &= 1963,5 > A_{s\text{perlu}} \text{ (OK!)}\end{aligned}$$

### ➤ **Analisa tulangan rangkap**

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{2454,37}{650 \times 784,5} = 0,00782 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho' = \frac{A_{s'}}{b_w \times d} = \frac{1963,5}{650 \times 784,5} = 0,00625 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \times d'}{fy \times d} \times \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,00156 \geq \frac{0,85 \times 40 \times 0,7642 \times 65,5}{420 \times 784,5} \times \frac{600}{600 - 420}$$

$0,00156 \leq 0,0172$  (Tulangan tekan belum leleh)

$$\text{Maka : } A_s f_y = 0,85 f_c' \beta_1 c \cdot b + A_s' s \left[ 600 \times \left( \frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

$$\text{Didapatkan } c = 67,28 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \times c = 0,7642 \times 67,28 = 51,42 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \times \frac{c-d'}{c} \leq f_y$$

$$f_s' = 600 \times \frac{80,1-65,5}{80,1} \leq 420$$

$$f_s' = 15,87 \leq 420 \text{ (tulangan tekan dalam kondisi tarik)}$$

$$\text{diambil } f_s' = 15,87$$

Kondisi Tekan :

$$M_n = (A_s \times f_y - A_s' \times f_s') \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times f_s' \times (d - d')$$

$$= (2454,37 \times 420 - 1963,5 \times 15,87) \times \left( 784,5 - \frac{51,42}{2} \right) + 1963,5 \times 15,87 \times (784,5 - 65,5)$$

$$= 937402074,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0,75 + 0,15 \left[ \left( \frac{1}{c/d} \right) - \left( \frac{5}{3} \right) \right]$$

$$= 2,24 \leq 0,9$$

$$\text{Dipakai } \phi = 0,9$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$702832066,3 > 684320000 \text{ (OK!)}$$

➤ **Kontrol Balok T**

Lebar efektif balok T beam

$$be_1 = \frac{1}{4} \times L = 2500 \text{ mm}$$

$$be_2 = bw + (8 \times tp) = 1850 \text{ mm}$$

$$be_3 = bw + 2(ln/2) = 9350 \text{ mm}$$

$$be = 1850 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times be \times fc'} = 13,11 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 17,16 \text{ mm}$$

$$c = 17,16 \text{ mm} < tf = 150 \text{ mm (OK!)}$$

➤ **Cek balok T Palsu**

$$\begin{aligned} T &= As \times fy \\ &= 1963,5 \times 420 \\ &= 824670 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \times fc' \times b_e \times t_f \\ &= 0,85 \times 40 \times 1850 \times 150 = 9435000 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena  $C > T$ , maka balok dianggap sebagai balok T palsu dan berperilaku sebagai balok persegi dengan lebar  $be$ .

$$a = 13,11 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \times As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 1963,5 \times 420 \times \left( 784,5 - \frac{13,11}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 577,39 \text{ kNm} > M_u = 205,75 \text{ kNm (OK!)}$$

#### 4.4.2.4 Penulangan Geser dan Torsi

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut :

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

$$a = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

**Tabel 4.31** Perhitungan Mpr Balok Induk B1

Lokasi		n	As Perlu (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	Mpr (Nmm)	
Tumpuan	Kiri	Atas	4	1963,4	50,53	850165194
		Bawah	7	3436,12	88,43	1453605110
	Kanan	Atas	4	1963,4	50,53	850165194
		Bawah	7	3436,12	88,43	1453605110

$$M_{pr_1} = 850165194 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr_2} = 1453605110 \text{ Nmm}$$

$$l_n = 8,7 \text{ m}$$

➤ **Perhitungan Beban pada Balok Induk**

$$\text{Beban Mati} = 1790,64 \text{ kg/m (berdasarkan perhitungan 4.4.2.2)}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Hidup} &= 240 \times 5,75 \\ &= 1980 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 D + 1,6L \\ &= 1,2 (1790,64) + 1,6 (1980) \\ &= 5316,768 \text{ kg/m} \\ &= 53,17 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$P_u (\text{balok anak}) = 4849,2 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{ln} \pm \left( \frac{W_u \times ln}{2} + \frac{P_u}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{850,16 + 1453,6}{8,7} + \left( \frac{53,17 \times 8,7}{2} + \frac{48,492}{2} \right) \\ &= 520,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{ln} \pm \left( \frac{W_u \times ln}{2} + \frac{P_u}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{850,16 + 1453,6}{8,7} - \left( \frac{53,17 \times 8,8}{2} + \frac{48,492}{2} \right) \\ &= 9,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil dari ETABS dengan nilai 520,33 kN, sehingga nilai  $V_u$  yang menentukan adalah 474,46 kN.

➤ **Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$  apabila :

1.  $M_{pr} \geq 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$

$$\frac{850,165+1453,6}{8,7} \geq 0,5 \times 520,33$$

$$264,801 \text{ kN} \geq 260,163 \text{ kN (OK!)}$$

2. Gaya Aksial Tekan  $< 0,25 \times A_g \times f_c'$   
 $90,79 \text{ kN} < 510 \text{ kN (OK!)}$

Dari kondisi diatas maka persyaratan memenuhi:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{V_u}{\phi} = 693,77 \text{ kN}$$

Jika dipakai begel 2 kaki dengan D13 mm ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 420 \times 784,5}{693770} = 126,07 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang  $2h = 2 \times 850 = 1700 \text{ mm}$  dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a.  $d/4 = 784,5/4 = 196,125 \text{ mm}$
- b.  $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}} = 200 \text{ mm}$
- c.  $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}} = 312 \text{ mm}$
- d.  $300 \text{ mm}$

Dari Syarat diatas maka diambil sengkang didaerah sendi plastis D13-125 mm.

### ➤ **Pemasangan sengkang di luar sendi plastis**

Nilai geser maksimum,  $V_u$  diluar daerah sendi plastis adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= V_u - W_u (2h) \\ &= 520,33 - 53,17 (1,7) \\ &= 429,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka,

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} = \frac{429,94}{0,9} = 477,71 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f'c'}}{6} \times bw \times d \\ &= \frac{\sqrt{40}}{6} \times 600 \times 800 \\ &= 537,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 537,58 \\ &= 403,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena  $V_s > \phi V_c$  maka digunakan tulangan geser. Jika dipakai begel 2 kaki dengan D13 mm ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 420 \times 784,5}{477710} = 183,09 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.3 bahwa jarak sengkang diluar sendi plastis di sepanjang balok tidak lebih dari

$$S \leq d/2$$

$$S \leq 784,5/2 = 392,25 \text{ mm}$$

Maka diambil sengkang di luar daerah sendi plastis D13-150 mm

#### 4.4.2.5 Perhitungan Penulangan Torsi

Data perencanaan :

$$\text{Dimensi Balok Induk} = 60/85 \text{ cm}$$

$$T_u = 42,87 \text{ kNm}$$

Pada kasus ini balok induk termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir, sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2 (a) maka

momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_u < \phi \frac{\sqrt{f_c'}}{12} \left( \frac{A_c^2}{P_c} \right)$$

$$42870000 < 0,75 \times \frac{\sqrt{40}}{12} \left( \frac{(600 \times 850)^2}{(600+850) \times 2} \right)$$

$$42870000 \text{ Nmm} > 35452949,1 \text{ Nmm}$$

Dengan demikian dibutuhkan tulangan torsi

$$A_{oh} = x_1 \times y_1$$

$$X_1 = 600 - 2 \times 40 = 520 \text{ mm}$$

$$Y_1 = 850 - 2 \times 40 = 770 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = 520 \times 770 = 400400 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 340340 \text{ mm}^2$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$P_h = 2 \times (X_1 + Y_1) = 2580 \text{ mm}$$

### Cek Kapasitas Penampang

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left( \frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f_c'} \right)$$

$$\sqrt{\left( \frac{429941,58}{650 \times 784,5} \right)^2 + \left( \frac{42870000 \times 2580}{1,7 \times 340340^2} \right)^2} \leq 0,75 \times \left( \frac{537587,2}{650 \times 784,5} + 0,66 \sqrt{40} \right)$$

$$0,913 \leq 3,77 \text{ (OK!)}$$

Dengan asumsi  $\theta = 45^\circ$  sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6 (a)



$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{42,87}{0,75} = 57,16 \text{ kNm}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 A_o f_{yt} \cot \theta} = \frac{57160000}{2 \times 340340 \times 420 \times \cot 45} = 0,199$$

### ➤ Perhitungan Tulangan Transversal

Kebutuhan sengkang geser pada daerah sendi plastis :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{693768,8}{420 \times 784,5} = 2,105$$

Kontrol sengkang terpasang (D13-125)

$$\frac{n \pi D^2}{4 s} \geq \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s}$$

$$\frac{2 \times \pi 13^2}{4 \times 125} \geq 2,105 + 0,199$$

$$4,24 \geq 2,59 \text{ (OK!)}$$

Kebutuhan sengkang geser pada daerah diluar sendi plastis :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{477712,8}{420 \times 784,5} = 1,44$$

Kontrol sengkang terpasang (D13-150)

$$\frac{n \pi D^2}{4 s} \geq \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s}$$

$$\frac{2 \times \pi 13^2}{4 \times 150} \geq 1,44 + 0,199$$

$$3,53 \geq 1,65 \text{ (OK!)}$$

### ➤ Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 luas total minimum tulangan torsi longitudinal harus dihitung dengan :

$$\begin{aligned}
 A_l &= \frac{0,42 \sqrt{f_c} A_g}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\
 &= \frac{0,42 \sqrt{40} \times 600 \times 850}{420} - (0,199) \times 2580 \times \frac{420}{420} \\
 &= 1634,503 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

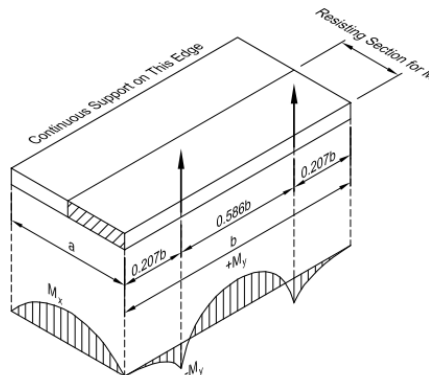
Digunakan tulangan dengan D25 dengan  $A_s = 490,87 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_l}{A_s} = \frac{1498,45}{490,87} = 3,33 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka diperlukan tulangan torsi longitudinal 4D25

#### 4.4.2.6. Tulangan Angkat Balok Induk

Dalam pengangkatan balok diperlukan perencanaan tulangan yang kuat untuk menahan beban saat membawa balok



**Gambar 4.19** Model Pengangkatan Balok

Dimana :

$$M + = \frac{q \times L \times X}{2} - \frac{q \times L^2}{8}$$

$$M - = \frac{q \times x^2}{2}$$

$$M + = - M -$$

$$\frac{q \times L \times X}{2} - \frac{q \times L^2}{8} = - \frac{q \times x^2}{2}$$

Didapatkan persamaan  $= 4x^2 + 4Lx - L^2 = 0$

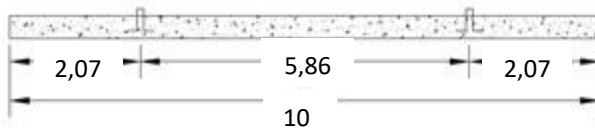
Diketahui :

$$L = 10 \text{ m}$$

Didapatkan  $X = 2,07 \text{ m}$

$$f_{t \text{ ijin}} = 0,7 \times \sqrt{f'c'} = 0,7 \times \sqrt{40} = 4,43 \text{ MPa}$$

$$W_t = \frac{1}{6} \times 600 \times 850^2 = 72250000 \text{ mm}^3$$



**Gambar 4.20** Letak Titik Pengangkatan

Berat sendiri balok  $= 0,6 \times 0,85 \times 10 \times 2400 = 12240 \text{ kg}$

$$T \sin \phi = P = \frac{1,2 \times k \times W}{2}$$

$$= \frac{1,2 \times 1,7 \times 12240}{2}$$

$$= 12484,8 \text{ kg}$$

$$T = \frac{12484,8}{\sin 45} = 17656,173 \text{ kg}$$

Menurut PBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang adalah  $f_y/1,5$ . Jika dipakai tulangan dengan muu  $f_y = 420 \text{ Mpa}$ ,

Maka :

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

$$\phi_{tulangan\ angkat} \geq \sqrt{\frac{4 \times Pu}{\sigma_{ijin} \times \pi}}$$

$$\phi_{tulangan\ angkat} \geq \sqrt{\frac{4 \times 17656,173}{2800 \times \pi}}$$

$$\phi_{tulangan\ angkat} \geq 2,83 \text{ cm}$$

Digunakan tulangan D32 mm

➤ **Kontrol Momen Angkat Balok**

$$\text{Berat balok} = 2040 \text{ kg/m}$$

Dalam upaya untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2

Momen

$$+M = -M = \frac{q \times x^2}{2}$$

$$= 1309,7 \text{ kgm}$$

$$f = \frac{M}{wt} = \frac{1309,7 \times 10^4}{72250000} = 0,18 \text{ MPa} < f_{t_{ijin}} = 4,43 \text{ MPa (OK!)}$$

#### 4.4.2.7 Penulangan Balok Induk yang Terpasang

Penulangan balok induk yang terpakai atau yang akan dipasang adalah yang paling banyak dari kedua keadaan (keadaan sebelum komposit dan sesudah komposit).

**Tabel 4.32** Penulangan Balok Induk Daerah Lapangan

Lapangan					
Kode Balok	L	h	B	Tulangan Lentur	
	mm	mm	mm	Atas	Bawah
B1	10000	850	600	5D25	4D25
B2	6500	850	600	4D25	4D25
Kode Balok	Sengkang	Transversal	Longitudinal	Tulangan Angkat	
B1	2D13-150	2D13-150	4D25	D32	
B2	2D13-200	2D13-200	2D25	D25	

**Tabel 4.33** Penulangan Balok Induk Daerah Tumpuan

Tumpuan					
Kode Balok	L	h	B	Tulangan Lentur	
	mm	mm	mm	Atas	Bawah
B1	10000	850	600	4D25	7D25
B2	6500	850	600	4D25	4D25
Kode Balok	Senggang	Transversal	Longitudinal	Tulangan Angkat	
B1	2D13-125	2D13-125	4D25	D32	
B2	2D13-150	2D13-150	2D25	D25	

#### 4.4.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban-beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, serta berfungsi untuk meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Pada perencanaan Tugas Akhir ini, kolom yang diperhitungkan diambil pada kolom yang memikul beban terbesar.

#### 4.4.3.1 Data Perencanaan Kolom

Data umum perencanaan adalah sebagai berikut :

- Dimensi kolom : 130/130 cm
- Tinggi kolom : 300 cm
- Tebal decking : 40 mm
- Diameter Tulangan Utama : 32 mm
- Diameter Sengkang : 13 mm
- Mutu Baja : 420 MPa
- Mutu Beton : 40 MPa
- $d = 900-40-13-25/2$  : 834,5 mm

#### 4.4.3.2 Kontrol Desain

Dengan menggunakan program bantu ETABS diperoleh besarnya gaya pada kolom sebagai berikut :

**Tabel 4.34** Gaya dalam Kolom

Gaya dalam kolom				
Ukuran (mm)	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen X (kNm)	Momen Y (kN)
1300x1300	9642,4	794,82	313,93	247,86

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 bahwa kolom yang didesain harus memiliki persyaratan sebagai berikut :

- Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial
- Menerima beban aksial berfaktor lebih dari :

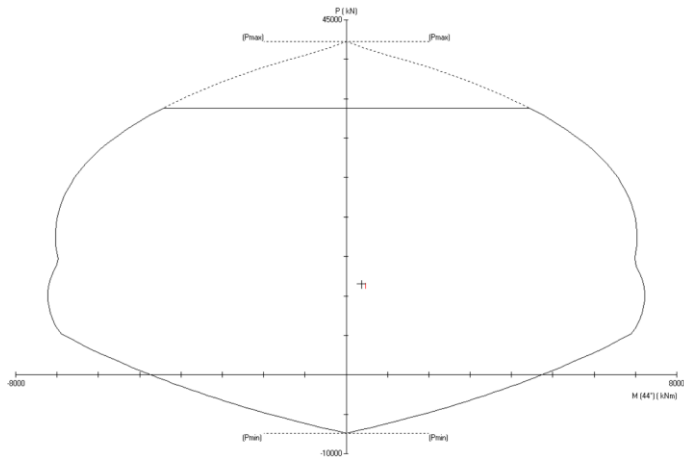
$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{1300 \times 1300 \times 40}{10} = 6760000 \text{ N} = 6760 \text{ kN}$$

Karena 3242 kN lebih kecil dari beban aksial berfaktor maksimum dari ETABS maka berlaku :

- Ukuran penampang terpendek = 1300 mm > 300 mm (OK!)
- Rasio  $\frac{b}{h} = \frac{1300}{1300} = 1 > 0,4$  (OK!)

#### 4.4.3.3 Perhitungan Penulangan Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu *SpColumn*, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4.21** Diagram Interaksi P-M pada Kolom

Berdasarkan kombinasi pada **Tabel 4.34** maka kolom memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 24D32 dengan  $\rho = 1,164\%$  seperti pada hasil perhitungan *spColumn*. Kebutuhan  $\rho$  tersebut telah memnuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 yaitu antara 1% - 8%. Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu *spColumn*, didapatkan hasil analisa sebagai berikut:

- Rasio tulangan longitudinal : 1,164%
- As 24D32 : 19664,5 mm<sup>2</sup>
- Ix : 2,38008 x 10<sup>11</sup> mm<sup>4</sup>
- Iy : 2,38008 x 10<sup>11</sup> mm<sup>4</sup>
- Ag : 1690000 mm<sup>2</sup>



#### 4.4.3.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur

$$\begin{aligned}
 \phi P_n \text{ (maksimum)} &= 0,8 \phi [0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\
 &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 40 \times (1690000 - 19664,5) + 420 \times 19664,5] \\
 &= 33826,258 \text{ kN} > 16459,44 \text{ kN (OK!)}
 \end{aligned}$$

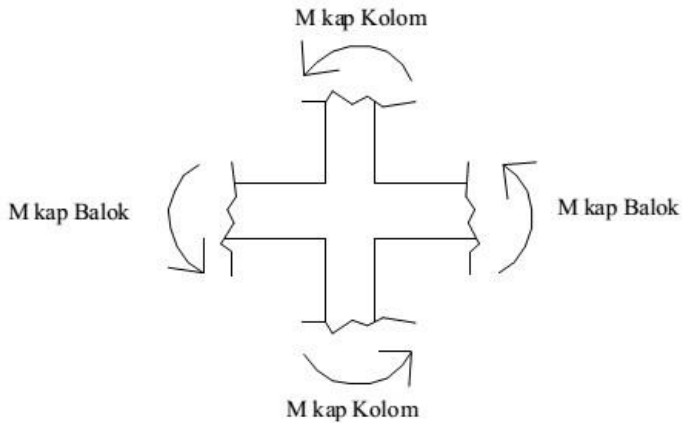
Jadi, tulangan memanjang 24D32 dapat digunakan

#### 4.4.3.5 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

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

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \times \sum M_{nb}$$

Dimana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $\sum M_{nc}$  harus dicari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.



**Gambar 4.22** Ilustrasi Kuat Momen yang bertemu di HBK

Dari hasil analisa *SpColumn* didapatkan nilai  $\phi M_{nx} = 5505,66$  kNm dan  $\phi M_{ny} = 4346,94$  kNm dengan  $\phi = 0,65$

Maka,

$$M_{nx} = \frac{\phi M_{nx}}{\phi} = \frac{5505,66}{0,65} = 8470,25 \text{ kNm}$$

$$M_{ny} = \frac{\phi M_{ny}}{\phi} = \frac{4346,94}{0,65} = 6687,6 \text{ kNm}$$

$M_{nc}$  didapat :

$$\sum M_{nc} = 2 \times (10792,08) = 21584,17 \text{ kNm}$$

Nilai  $M_{nb}$  dicari dari jumlah  $M_{nb+}$  dan  $M_{nb-}$  balok yang menyatu dengan kolom.

➤ **Momen nominal sisi atas balok**

$$\emptyset = 0,9$$

$$A_s = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1963,5 \times 420}{0,85 \times 40 \times 600} = 40,424 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nb-} &= \emptyset \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 1963,5 \times 420 \times \left( 784,5 - \frac{40,424}{2} \right) \\ &= 567255184 \text{ Nmm} \\ &= 567,255 \text{ kNm} \end{aligned}$$

➤ **Momen nominal sisi bawah balok**

$$\emptyset = 0,9$$

$$A_s = 2945,3 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2945,3 \times 420}{0,85 \times 40 \times 600} = 60,637 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nb+} &= \emptyset \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 2945,3 \times 420 \times \left( 784,5 - \frac{60,637}{2} \right) \\ &= 839631495 \text{ Nmm} \\ &= 839,6315 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\sum M_{nb} &= 0,85 \times (567,255+839,6315) \\ &= 1195,853 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Persyaratan *Strong Column Weak Beam* :

$$\begin{aligned}\sum M_{nc} &\geq 1,2 \times \sum M_{nb} \\ 21584,17 \text{ kNm} &\geq 1,2 \times 1195,853 \text{ kNm} \\ 21584,17 \text{ kNm} &\geq 1435,024 \text{ kNm (OK!)}\end{aligned}$$

Maka memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam*.

#### 4.4.3.6 Kontrol Persyaratan Kolom terhadap Gaya Geser Rencana

➤ Geser pada kolom :

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 gaya geser desain,  $V_e$  ditentukan sebagai berikut:

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

$M_{pr}$  adalah kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit  $1,25 f_y$ . Sehingga nilai  $f_y$  untuk analisa geser sebesar :

$$1,25 \times f_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ MPa}$$

Dari hasil analisa *SpColumn* didapatkan nilai  $\phi M_{nx} = 5505,66 \text{ kNm}$  dan  $\phi M_{ny} = 4346,94 \text{ kNm}$  dengan  $\phi = 0,65$

Maka,

$$M_{prx} = M_{nx} = \frac{\phi M_{nx}}{\phi} = \frac{5505,66}{0,65} = 8470,25 \text{ kNm}$$

$$M_{pry} = M_{ny} = \frac{\phi M_{ny}}{\phi} = \frac{4346,94}{0,65} = 6687,6 \text{ kNm}$$

Panjang bentang = 3 m

$$V_e = \frac{(2 \times 10792,08)}{3} = 7194,73 \text{ kN}$$

➤ Geser pada balok :

Perhitungan  $M_{pr}$  pada balok:

$$M_{pr}^- = 850,17 \text{ kNm}$$

$$M_{pr}^+ = 1453,606 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 2 \times \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{l_1} \times \frac{l_1}{l_1 + l_2} \\ &= 2 \times \frac{1453,606 + 850,17}{3} \times \frac{3}{3+3} \\ &= 767,923 \text{ kN} \end{aligned}$$

Didapatkan  $V_e = 7379,685 \text{ kN} > V_u = 767,923 \text{ kN}(\text{OK!})$

#### 4.4.3.7 Pengekang Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1 panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

- $h = 1300 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 3000 = 500 \text{ mm}$
- $450 \text{ mm}$

Maka  $l_o$  pakai adalah  $1300 \text{ mm}$

Untuk jarak sengkang ( $s$ ) sepanjang  $l_0$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$\begin{aligned} \text{➤ } \frac{1}{4} \times b &= \frac{1}{4} \times 1300 = 325 \text{ mm} \\ \text{➤ } 6 \times dl &= 6 \times 32 = 192 \text{ mm} \\ \text{➤ } S_o &= 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) \\ &= 100 + \left( \frac{350 - (0,5 \times (1300 - 2 \times (40 + \frac{13}{2}))}{3} \right) \\ &= 15,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimana  $S_o$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Maka dipakai jarak sengkang ( $s$ ) = 100 mm

Untuk  $A_{sh}$  minimal sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai lebih besar dari hasil 2 rumus berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s \times b_c \times f_c'}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

Atau

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{s \times b_c \times f_c'}{f_{yt}}$$

Keterangan :

$S$  = 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 (mm)

$A_{ch}$  = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

$f_{yt}$  = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

Dengan asumsi  $s = 100$  mm,  $f_{yt} = 420$  MPa, selimut beton = 40 mm dan  $D_s = 32$  mm sehingga diperoleh :

$$b_c = 1300 - 2(40 + \frac{1}{2} \times 32) = 1204 \text{ mm}$$

$$A_g = 1300 \times 1300 = 1690000 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = (1300 - 40)^2 = 1587600 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0,3 \times \frac{100 \times 1204 \times 40}{420} \left[ \left( \frac{1690000}{1587600} \right) - 1 \right] \\ &= 221,879 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0,09 \times \frac{100 \times 1204 \times 40}{420} \\ &= 1032 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai 8D13 ( $A_{sh} = 1061,858 \text{ mm}^2 > 1032 \text{ mm}^2$ ), Mengingat beban aksial terfaktor kolom minimal 33826,258 kN > 16459,44 kN Maka nilai  $V_c$  diambil sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left( 1 + \frac{N_u}{A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times \left( 1 + \frac{14439770}{1690000} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 1300 \times 1231 \\ &= 2033417,9 \text{ N} = 2033,318 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan  $A_v$  8D13 = 1061,858 mm<sup>2</sup> dan  $s$  terpasang = 100 mm.

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\ &= \frac{1061,858 \times 420 \times 1231}{100} \\ &= 5490019,87 \text{ N} = 5490,019 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka  $\phi(V_c + V_s)$

= 0,75(2033,318 + 5490,02) = 3860,6 kN >  $V_u = 794,82$  kN. Maka  $A_{sh}$  yang terpasang di  $l_o$  boleh melebihi yang lebih kecil dari :

- 6 x dl = 6 x 32 = 192
- 150 mm

Maka dipakai sengkang diluar panjang 8D13 – 150 mm

#### 4.4.3.8 Panjang Lewatan pada Sambungan Tulangan Kolom

Sambungan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 berikut  $\Psi$ :

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Dimana :

$$\Psi_t = 1, \Psi_e = 1, \Psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$K_{tr} = 1 \text{ (penyederhanaan desain)}$$

$$C = 40 + 13 + \frac{1}{2} 32$$



$$= 69 \text{ mm}$$

$$I_d = \left( \frac{420}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\left(\frac{69+0}{25}\right)} \right) \times 32$$

$$= 625,93 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.7.2 sambungan lewatan tulangan ulir dan kawat ulir  $l_d \geq 200 \text{ mm}$ ,

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

$$625,93 \geq 200 \text{ mm (OK!)}$$

#### 4.4.3.9 Penulangan Kolom yang Terpasang

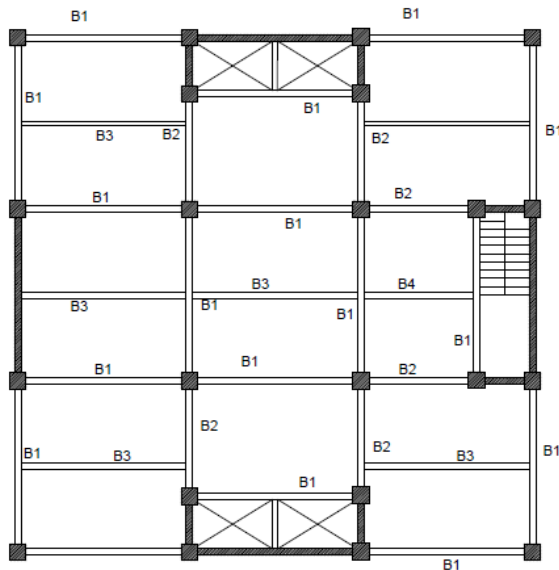
Penulangan kolom yang terpasang akan disajikan pada tabel berikut :

**Tabel 4.35** Penulangan Kolom

Kolom Lantai	Dimensi	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal		$l_d$
	(cm)		$l_o$	luar $l_o$	
base - 8	130/130	24D32	8D13-100	8D13-150	900
9 - 16	100/100	20D25	6D13-100	6D13-150	900

#### 4.4.4 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen yang terjadi akibat beban lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Untuk dinding seperti itu, geser maksimum  $V_u$  dan momen maksimum  $M_u$  terjadi pada dasar dinding. Jika tegangan lentur diperhitungkan, besar tegangan lentur tersebut akan dipengaruhi oleh beban aksial  $N_u$  (kombinasi aksial lentur). Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser dengan tebal 40 cm. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser berdasarkan hasil analisa ETABS yang mempunyai gaya paling maksimum.



**Gambar 4.23** Penempatan Dinding Geser

#### 4.4.4.1. Data Perencanaan

Dinding geser yang akan direncanakan akan memiliki data sebagai berikut :

- Tebal dinding : 40 cm
- Tebal selimut : 40 mm
- Panjang dinding : 10 m
- Tinggi dinding per lantai : 3 m
- Mutu beton : 40 MPa
- Mutu tulangan : 420 MPa

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada dinding geser, yaitu :

- Gaya Aksial : 32482,38 kN
- Momen : 24822,34 kN
- Gaya Geser : 1847,272 kN

#### 4.4.4.2 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.2

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

Dimana :

$l_c$  = Tinggi per lantai

$h$  = tebal dinding geser

$k$  = faktor panjang efektif, dimana  $k = 0,8$

$A_g$  =  $10000 \times 400 = 4000000 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}\phi P_{nw} &= 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 4000000 \times \left[ 1 - \left( \frac{0,8 \times 3000}{32 \times 450} \right)^2 \right] \\ &= 61875 \text{ kN} > P_u = 32482,38 \text{ kN (OK!)}\end{aligned}$$

#### 4.4.4.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.9.3

$$\phi V_n = \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'c'} \times h \times d \geq V_u$$

Dimana :

h = tebal dinding geser

$$\begin{aligned}d &= 0,8 l_w \\ &= 0,8 \times 10000 \\ &= 8000 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'c'} \times h \times d \geq V_u \\ &= 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{40} \times 400 \times 8000 \geq 1847,272 \text{ kN} \\ &= 12598,52 \text{ kN} \geq 1847,272 \text{ kN}\end{aligned}$$

#### 4.4.4.4 Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.9.6

$$V_c = 0,27 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times h \times d + \left( \frac{N_u \times d}{4 \times l_w} \right)$$

$$N_u = P_u = 32482,38 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 400 \times 8000 + \left( \frac{32482,38 \times 8000}{4 \times 10000} \right) \\
 &= 5470,9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$0,5 \phi V_c > V_u$$

$$0,5 \times 0,75 \times 5470,9 \text{ kN} > 1847,272 \text{ kN}$$

$$2051,592 \text{ kN} > 1847,272 \text{ kN}$$

#### 4.4.4.5. Penulangan Geser Dinding Geser

Minimal tulangan yang dipakai adalah dua lapis tulangan apabila gaya geser di dalam bidang dinding diantara 2 komponen batas melebihi  $0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f_c'} \times \lambda$ . (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2)

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1847,272 < 0,17 \times (10000 \times 400) \times \sqrt{40} \times 1 \\
 &= 1847,272 \text{ kN} < 2051,437 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka diperlukan minimal dua lapis tulangan

#### 4.4.4.6. Penulangan Geser Horizontal

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9 rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025

➤ Untuk Arah X

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- $L_w/5 = 10000/5 = 2000 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- $400 \text{ mm}$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Dipakai tulangan horizontal dua lapis D25 ( $A_s = 265,4646 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_t = \frac{A_v}{h \times s} = \frac{265,4646}{400 \times 250} = 0,00265 > 0,0025 \text{ (OK!)}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal D25-250 mm

➤ Untuk Arah Y

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- $L_w/5 = 10000/5 = 2000 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- $400 \text{ mm}$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

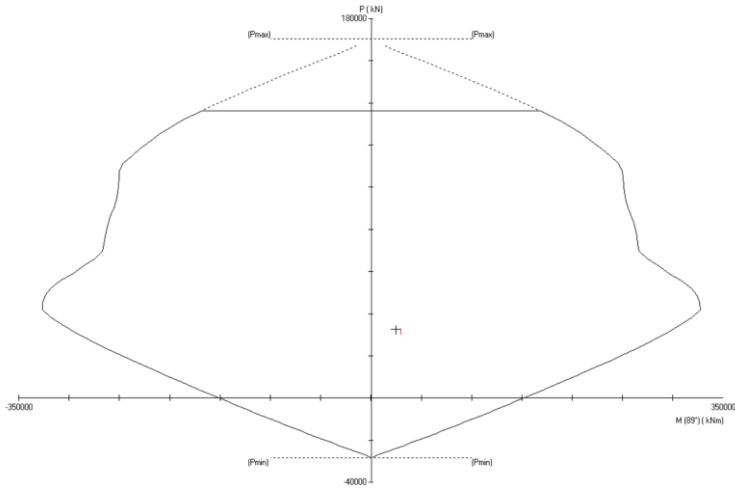
Dipakai tulangan horizontal dua lapis D25 ( $A_s = 265,4646 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_t = \frac{A_v}{h \times s} = \frac{265,4646}{400 \times 250} = 0,00265 > 0,0025 \text{ (OK!)}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal D25-250 mm

#### 4.4.4.7 Kontrol Tulangan Penahan Aksial dan Lentur

Dengan menggunakan tulangan hasil perhitungan sebelumnya, dilakukan pengecekan melalui diagram interaksi P-M hasil program SpColumn. Dari gambar dapat disimpulkan tulangan shearwall yang dirancang masih memenuhi persyaratan.



**Gambar 4.24** Diagram Interaksi P-M Dinding Geser

## 4.5. Perencanaan Sambungan

### 4.5.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering seperti *mechanical connection* atau *welding connection* yang cukup rumit dan membutuhkan keahlian khusus dibidangnya. Untuk sambungan basah di daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam pelaksanaan biasanya digunakan stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dengan pelat *topping* agar pelat bersifat monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

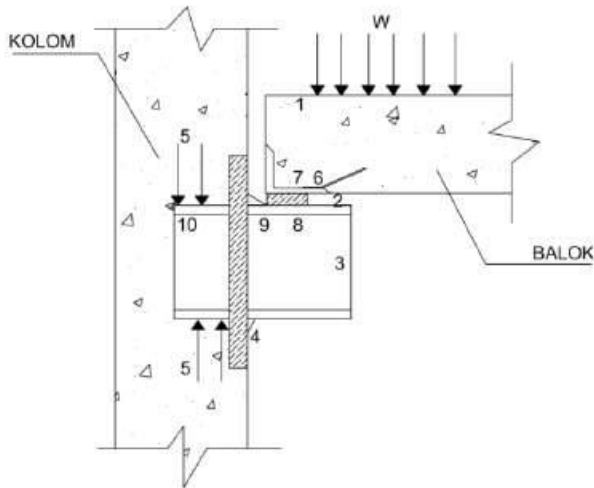
Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan, dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat



## 4.5.2 Konsep Desain Sambungan

### 4.5.2.1 Mekanisme Pemindahan Beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam. Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diambil contoh seperti gambar 4. dimana pemindahan beban diteruskan ke kolom dengan melalui tahap sebagai berikut:



**Gambar 4.25** Mekanisme Pemindahan Beban

1. Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
2. Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
3. *Haunch* menyerap gaya vertikal dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
4. Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.

5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut :

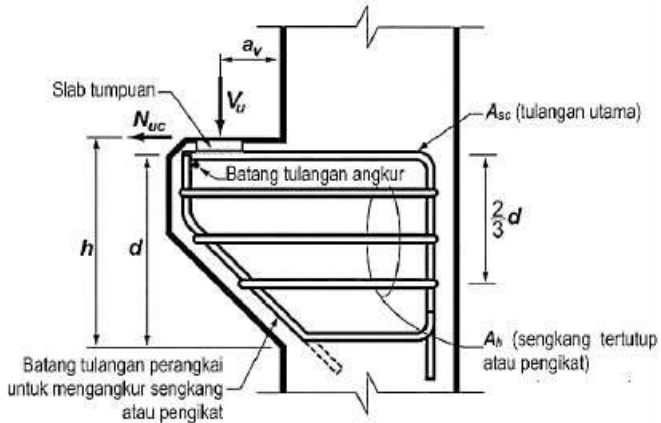
1. Balok beton ke tulangan dengan lekatan / ikatan.
2. Tulangan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
3. Baja siku di ujung balok ke *haunch* melalui gesekan di atas dan di bawah *bearing pads*. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada *pads*.
4. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja
5. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh *stud* ke kolom beton melalui ikatan / lekatan.

#### **4.5.3 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Kolom**

##### **4.5.3.1 Perencanaan Konsol pada Kolom**

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut 2847:2013 11.8

mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 4.26** Geometrik Konsol Pendek

### 4.5.3.2 Perhitungan Konsol pada Kolom

#### a. Data Perencanaan

$V_u$  dari balok = 581268 N

Dimensi Balok = 60/85

Dimensi konsol

$b_w$  = 800 mm

$h$  = 600 mm

$d$  =  $600 - 40 - 25/2 = 547,5$  mm

$f_c'$  = 40 MPa

$f_y$  = 420 MPa

$a$  = 150 mm

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut :

- $a/d = 150/547,5 = 0,273 < 1$  (OK!)
- $Nu \leq 0,2Vu$
- $Nu = 0,2 Vu = 0,2 \times 581268 = 116254 \text{ N}$

➤ **Menentukan Luat Tulangan Geser Friksi**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat  $V_n$  untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{581268}{0,75} = 775025,07 \text{ N}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal kuat geser  $V_n$  tidak boleh lebih besar daripada

$$\begin{aligned} 0,2 \times f_c' \times b_w \times d &= 0,2 \times 40 \times 800 \times 547,5 \\ &= 3504000 \text{ N} > V_n = 555906,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11 \times b_w \times d &= 11 \times 800 \times 547,5 \\ &= 4818000 \text{ N} > V_n = 555906,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{775025,07}{420 \times 1,4} \\ &= 1318,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

➤ **Luas Pelat Landasan**

$$V_u = \phi \times 0,85 \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{V_u}{\phi \times 0,85 \times f_c'} = \frac{581268}{0,75 \times 0,85 \times 40} = 22794,855 \text{ mm}^2$$

Dipakai pelat landasan  $200 \times 200 \text{ mm}^2 = 40000 \text{ mm}^2$  (tebal 15 mm)

➤ **Luas Tulangan Lentur**

Perletakan yang akan digunakan pada konsol pendek ini adalah sendi – rol yang mengizinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan  $N_{uc}$  minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a + N_u (h-d) \\ &= (581268 \times 150) + (116254 \times (600-547,5)) \\ &= 122357082 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,85 \times b \times d^2} = \frac{122357082}{0,85 \times 800 \times 547,5^2} = 0,6 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,6}{420}} \right) \\ &= 0,0014 < \rho_{\min} = 0,0033 \text{ (pakai } \rho_{\min} \text{)} \end{aligned}$$

$$Af_1 = \frac{Mu}{0,85 \times \emptyset \times f_y \times d}$$

$$= \frac{122357082}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 547,5} = 834,67 \text{ mm}^2$$

$$Af_2 = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 800 \times 547,5 = 1460 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai  $Af = 834,67 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok  $A_s$

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\emptyset \times f_y} = \frac{116254}{0,75 \times 420} = 369,05 \text{ mm}^2$$

- **Pemilihan Tulangan yang Digunakan**

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = Af + A_n = 1460 + 369,06 = 1829,06 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left( \frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left( \frac{2 \times 1318,07}{3} + 369,05 \right) = 12477,7 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \times \frac{f_c'}{f_y} \times b \times d = 0,04 \times \frac{40}{420} \times 800 \times 547,5$$

$$= 1668,57 \text{ mm}^2$$

Pakai  $A_s = 1829,06 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s}{A_{sD25}}$$

$$= \frac{1829,06}{201,062}$$

$$= 3,7 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka dipakai tulangan 4D25 ( $A_s = 1963,5 \text{ mm}^2$ )

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$A_h = 0,5 (A_s - A_n) = 0,5 (1963,5 - 369,06) = 783,72 \text{ mm}^2$$

$$A_h = \frac{Avf}{3} = \frac{1318,07}{3} = 439,36 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2D22 ( $A_v = 760,3 \text{ mm}^2$ ) dan dipasang sepanjang  $(2/3 d) = 365 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$

$$V_u = 581268 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{581268}{0,9} = 645853,3 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan geser 2D13 mm ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 420 \times 547,5}{645853,3} = 94,5 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan sengkang 2D13-90 mm

#### 4.5.3.3 Perhitungan Sambungan Balok dan Kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 1829,06 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ terpasang} = 2010,62 \text{ mm}^2$$

- **Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2 maka :

$$\begin{aligned}
 l_{dc} &\geq \left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) \times db \\
 &\geq \left( \frac{0,24 \times 420}{1 \times \sqrt{40}} \right) \times 25 \\
 &\geq 398,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc} &\geq (0,043 f_y) db \\
 &\geq (0,043 \times 420) 25 \\
 &\geq 451,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pakai  $l_{dc} = 650 \text{ mm}$

- **Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1 maka :

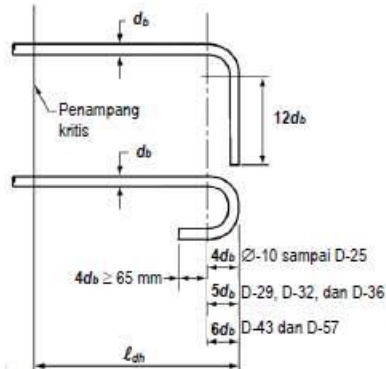
$$l_{dh} \geq 8 \times db = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &\geq \left( \frac{0,24 \psi_e f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) \times db \\
 &\geq \left( \frac{0,24 \times 1 \times 420}{1 \times \sqrt{40}} \right) \times 25 \\
 &\geq 398,447 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Pakai  $l_{dh} = 650$  mm dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90 derajat sebesar  $12 d_b = 12 \times 25 = 300$  mm  $\approx 300$  mm



**Gambar 4.27** Detail batang tulangan dengan kait standar

#### 4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

##### 4.5.4.1 Perencanaan *Beam Ledges* pada Balok Induk

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan *beam ledge*. Balok anak diletakkan pada *beam ledges*. Perencanaan *beam ledges* pada balok induk tersebut mengikuti SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

#### 4.5.4.2 Perhitungan *Beam Ledges*

##### a. Data Perencanaan

$V_u$  hasil analisis ETABS = 227858 N

Dimensi Balok Anak = 40/60

Dimensi konsol

$b_w$  = 400 mm

$h$  = 200 mm

$d$  =  $200 - 40 - 16/2 = 152$  mm

$f_c'$  = 40 MPa

$f_y$  = 420 MPa

$a$  = 150 mm

Panjang Ledges = 250 mm

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan beam ledges pada ACI 318M-11 pasal 11.8.3 maka geometri serta gaya yang ada pada *beam ledges* harus sesuai dengan ketentuan ACI 318M-11 pasal 11.8.3.4 Syarat tersebut adalah sebagai berikut :

- $a/d = 150/152 = 0,98 < 1$  (OK!)
- $N_u \leq 0,2V_u$
- $N_u = 0,2 V_u = 0,2 \times 227858 = 45571,6$  N
- **Luas Pelat Landasan**

$V_u = \phi \times 0,85 \times f_c \times A_l$

$$A_l = \frac{V_u}{\phi \times 0,85 \times f_c'} = \frac{227858}{0,75 \times 0,85 \times 40} = 8935,6078 \text{ mm}^2$$

Dipakai pelat landasan  $400 \times 100 \text{ mm}^2 = 40000 \text{ mm}^2$  (tebal 15 mm)

➤ **Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi**

Berdasarkan PCA Notes, p15-5, untuk  $W_{eff}$  didapatkan dari yang terkecil dari :

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$W + 4 a = 1000 \text{ mm}$$

$$S = 5000 \text{ mm}$$

Dipakai  $W_{eff} = b_w = 400 \text{ mm}$

Berdasarkan ACI 318M-11 pasal 11.8.3.2.1, untuk beton normal kuat geser  $V_n$  tidak boleh lebih besar daripada

$$\phi \times 0,2 \times f_c' \times W_{eff} \times d = 0,75 \times 0,2 \times 40 \times 400 \times 152$$

$$= 486400 \text{ N} > V_u = 227858 \text{ N}$$

$$\phi(3,3 + 0,08f_c') W_{eff} \times d = 0,75 \times (3,3 + 0,08 \times 40) \times 400 \times 152$$

$$= 296400 \text{ N} > V_u = 227858 \text{ N}$$

$$\phi \times 11 \times d \times W_{eff} = 0,75 \times 11 \times 400 \times 52$$

$$= 668800 \text{ N} > V_u = 227858 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu} \\ &= \frac{227858}{0,75 \times 420 \times 1,4} \\ &= 515 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

➤ **Luas Tulangan Lentur**

Berdasarkan PCA Notes, p15-5, untuk  $W_{eff}$  didapatkan dari yang terkecil dari :

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$W + 5 a = 1150 \text{ mm}$$

$$S = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } W_{eff} = 400 \text{ mm}$$

Sesuai dengan ACI 318M-11 pasal 11.8.3.4 akan digunakan  $N_u$  minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a + N_u (h-d) \\ &= (227858 \times 150) + (45571,6 \times (200-152)) \\ &= 36366137 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,85 \times W_{eff} \times d^2} = \frac{36366137}{0,85 \times 400 \times 198,5^2} = 3,07 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 3,07}{420}} \right) \\ &= 0,0068 > \rho_{\min} = 0,0033 \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

$$A_{f1} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$= \frac{36366137}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 147,5} = 891,48 \text{ mm}^2$$

$$A_{f2} = \rho \times \text{Weff} \times d = 0,0124 \times 400 \times 152 = 411,9 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai  $A_f = 401,42 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok  $A_s$

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{45571,6}{0,75 \times 420} = 144,671 \text{ mm}^2$$

- **Pemilihan Tulangan yang Digunakan**

Sesuai ACI318M-11 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 411,9 + 144,671 = 1042,15 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left( \frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left( \frac{2 \times 515}{3} + 144,67 \right) = 489,13 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \times \frac{f_c'}{f_y} \times b \times d = 0,04 \times \frac{40}{420} \times 400 \times 152$$

$$= 231,62 \text{ mm}^2$$

Pakai  $A_s = 1042,15 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_s}{A_s D_{16}} \\
 &= \frac{1042,15}{201,062} \\
 &= 5,18 \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 6D16 ( $A_s = 1206,37 \text{ mm}^2$ )

$$A_h = 0,5 (A_s - A_n) = 0,5 (1206,37 - 144,671) = 530,85 \text{ mm}^2$$

$$A_h = \frac{Avf}{3} = \frac{515}{3} = 315,14 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan sengkang D13 ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ ) dan dipasang sepanjang ( $2/3 d$ ) = 98,3 = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Dengan jumlah tulangan, } n &= \frac{A_h}{A_v D_{13}} \\
 &= \frac{530,85}{265,46} \\
 &= 1,9 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan sengkang 2D13 sepanjang 100 mm

$$V_u = 227858 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{227858}{0,9} = 253175,56 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan geser 2D13 ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 420 \times 152}{253175,56} = 66,9 \text{ mm}$$

Dipakai Sengkang D13-60 mm

- **Kontrol Torsi *Beam Ledges* terhadap Balok Induk**

Data Perencanaan :

Dimensi Balok Induk = 60/85

$$\begin{aligned} T_u &= 227,858 \times (0,150+0,300) \\ &= 91143200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Pada kasus ini balok induk termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir, sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2 (a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_u < \phi \frac{\sqrt{f_c'}}{12} \left( \frac{A_c^2}{P_c} \right)$$

$$91143200 < 0,75 \times \frac{\sqrt{40}}{12} \left( \frac{(600 \times 850)^2}{(600+850) \times 2} \right)$$

$$91143200 \text{ Nmm} < 35452949,1 \text{ Nmm}$$

$$91,143 \text{ kNm} > 35,45 \text{ kNm (perlu tulangan torsi)}$$

Dengan demikian dibutuhkan tulangan torsi

$$A_{oh} = x_1 \times y_1$$

$$X_1 = 600 - 2 \times 40 = 520 \text{ mm}$$

$$Y_1 = 850 - 2 \times 40 = 770 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = 520 \times 770 = 400400 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 340340 \text{ mm}^2$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$P_h = 2 \times (X_1 + Y_1) = 2580 \text{ mm}$$

- **Cek Kapasitas Penampang**

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66\sqrt{f_c'}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{674244,95}{650 \times 784,5}\right)^2 + \left(\frac{91143200 \times 2580}{1,7 \times 340340^2}\right)^2} \leq 0,75 \times \left(\frac{5375872}{650 \times 784,5} + 0,66\sqrt{40}\right)$$

$$0,9 \leq 3,77 \text{ (OK!)}$$

Dengan asumsi  $\theta = 45^\circ$  sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6 (a)

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{91,15}{0,75} = 121,53 \text{ kNm}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 A_o f_{yt} \cot \theta} = \frac{121530000}{2 \times 340340 \times 420 \times \cot 45} = 0,43$$

➤ **Perhitungan Tulangan Transversal**

Kebutuhan sengkang geser :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{303810666,7}{420 \times 784,5} = 0,92$$

Kontrol sengkang terpasang (D13-200)

$$\frac{n \pi D^2}{4 s} \geq \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s}$$

$$\frac{2 \times \pi 13^2}{4 \times 200} \geq 0,92 + 0,42$$

$$2,65 \geq 1,34 \text{ (OK!)}$$



### ➤ Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 luas total minimum tulangan torsi longitudinal harus dihitung dengan :

$$\begin{aligned}
 A_l &= \frac{0,42 \sqrt{f_c} A_g}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\
 &= \frac{0,42 \sqrt{40} \times 600 \times 850}{420} - (0,66) \times 2580 \times \frac{420}{420} \\
 &= 1498,45 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan dengan D25 dengan  $A_s = 490,88 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_l}{A_s} = \frac{1498,45}{490,88} = 3,05 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka diperlukan tulangan torsi longitudinal 4D25

#### 4.5.4.3 Perhitungan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Sistem sambungan antara balok induk dengan balok anak pada perencanaan ini memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok. Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu pada kondisi tarik dan kondisi tekan

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

- **Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2 maka :

$$\begin{aligned}
 l_{dc} &\geq \left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) \times db \\
 &\geq \left( \frac{0,24 \times 420}{1 \times \sqrt{40}} \right) \times 25 \\
 &\geq 398,447 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc} &\geq (0,043 f_y) db \\
 &\geq (0,043 \times 420) 25 \\
 &\geq 451,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pakai  $l_{dc} = 300 \text{ mm}$ , karena pada balok anak.

Dipakai profil sambungan produk dari Pekko yaitu Modix Coupler SM25A-L-300 -PM25 – SM 25B-P-1250

➤ **Kontrol Kekuatan Sambungan**

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari kekuatan tulangan. Modix Rebar Coupler SM 25 memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut :

$$D_{luar} = 41 \text{ mm}$$

$$D_{dalam} = 25 \text{ mm}$$

$$F_y = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol :

$$N_{rd} \geq 1,25 \times A_s \times F_y$$

$$(41^2 - 25^2) \times 0,25 \pi \times 550 \geq 1,25 \times 490,9 \times 420$$

$$456159,25 \text{ N} \geq 245436,9 \text{ N (OK!)}$$

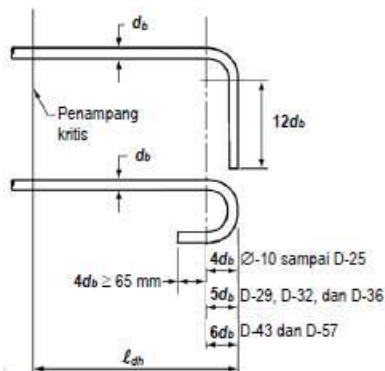
- **Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1 maka :

$$l_{dh} \geq 8 \times db = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

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

Pakai  $l_{dh} = 200 \text{ mm}$  dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90 derajat sebesar  $4 db = 4 \times 22 = 88 \text{ mm} \approx 90 \text{ mm}$



**Gambar 4.28** Detail batang tulangan dengan kait standar

#### 4.5.5 Perencanaan Sambungan Pelat *Hollow Core* dengan Balok

Pelat *hollow core* menumpu pada ujung dari 2 balok, yaitu balok anak dan balok induk. Setelah itu pelat akan diberi

tulangan yang nantinya akan memasuki balok dan dicor setempat bersama dengan overtopping.

#### 4.5.5.1 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Dengan menggunakan diameter tulangan sebesar 16 mm didapatkan hasil penulangan sebagai berikut :

$$db = 10 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.3

$$l_{dh} \geq 0,043 \times db \times f_y = 0,043 \times 10 \times 420 = 180,6 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq \frac{db \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}}$$

$$\geq \frac{10 \times 420}{4 \times \sqrt{40}}$$

$$\geq 166,02$$

Dipakai panjang penyaluran 200 mm

## 4.6. Perencanaan Basement

Perencanaan basement menggunakan dinding geser yang juga difungsikan sebagai penahan tanah. Tinggi basement yang direncanakan memiliki ketinggian 3 m.

### 4.6.1 Penulangan Dinding Basement

Untuk perencanaan dinding *basement*, digunakan dinding dengan bentang terpanjang sebagai desain dinding *basement*.

Data perencanaan basement adalah sebagai berikut :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 MPa
- Tebal dinding( $t$ ) = 30 cm
- Diameter tulangan = 25 mm
- Tinggi dinding basement = 3 m
- Panjang basement = 10 m
- $d = t - \text{decking} - 1/2D - D$  =  $300 - 40 - 25/2 - 25$   
= 222,5 mm
- $\frac{L_y}{L_x} = \frac{10}{3}$  = 3,3

Dinding penahan tanah harus direncanakan dengan tepat, sehingga perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Pada perencanaan ini, direncanakan dengan kondisi muka air tertinggi. Berikut merupakan data perencanaan yang digunakan dalam analisa tegangan horizontal:

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,861 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma' = 1,861 - 1 = 0,861 \text{ t/m}^3$$

$$\theta = 36$$

$$c' = 0 \text{ t/m}^2$$

Tekanan Aktif Tanah

$$\sigma v'(0) = q + \gamma' \times h = 0 + 0,861 \times 0 = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma v'(-3) = \sigma v_1 + \gamma' \times h$$

$$\begin{aligned}
 &= 0 + 0,861 \times 3 \\
 &= 2,58 \text{ t/m}^2 \\
 Ka &= \tan^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left( 45 - \frac{36}{2} \right) = 0,26 \\
 \sigma h'(0) &= (\sigma v' \times Ka) - (2 \times c' \times \sqrt{Ka}) \\
 \sigma h'(0) &= (0 \times 0,26) - (2 \times 0 \times \sqrt{0,26}) = 0 \text{ t/m}^2 \\
 \sigma h'(-3) &= (\sigma v' \times Ka) - (2 \times c' \times \sqrt{Ka}) \\
 \sigma h'(-3) &= (2,58 \times 1) - (2 \times 0 \times \sqrt{1}) = 0,67 \\
 \sigma h \text{ total } (-3) &= \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h \\
 &= 0,67 + 1 \times 3 \\
 &= 3,67 \text{ t/m}^2 \\
 &= 36,7 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan tekanan lateral tanah sebesar 3,67 t/m<sup>2</sup>. Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 untuk momen momen di dalam pelat yang terjepit penuh pada keempat sisinya dengan ly/lx sebesar 3,3 didapatkan :

$$\begin{aligned}
 Mu &= 0,001 \times q \times Lx^2 \times X \\
 q &= 36,7 \text{ kN/m} \\
 M (X) &= 0,001 \times q \times Lx^2 \times X \quad (X = 42) \\
 &= 15,42 \text{ kNm} \\
 M (Y) &= 0,001 \times q \times Ly^2 \times X \quad (X = 8) \\
 &= 2,6424 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- **Penulangan Lentur Sumbu X**

$$M_u = 15,42 \text{ kNm} = 15420000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{15420000}{0,8} = 19275000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{19275000}{10000 \times 222,5^2} = 0,039 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

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

$$= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,039}{420}} \right)$$

$$= 0,00009 < \rho_{\min} = 0,0033 \text{ (pakai } \rho_{\min} \text{)}$$

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

$$= 0,0033 \times 1000 \times 222,5$$

$$= 741,67 \text{ mm}^2$$

Jika dipakai tulangan D13 mm

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

$$n = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s}$$

$$= \frac{741,67}{132,73}$$

$$= 5,58 \approx 6 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D13-150 mm

• **Penulangan Lentur Sumbu Y**

$$M_u = 2,6426 \text{ kNm} = 2642600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2642600}{0,8} = 3303250 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{3303250}{10000 \times 222,5^2} = 0,0066 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,0066}{420}} \right) \\ &= 0,000015 < \rho_{\min} = 0,0033 \text{ (pakai } \rho_{\min} \text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 222,5 \\ &= 741,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D13 mm

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

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s} \\ &= \frac{741,67}{132,73} \\ &= 5,58 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$



$$S = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D13-150 mm

- **Kontrol Ketebalan Minimum Dinding *Basement***

Menurut SNI 2847:2013 pasal 15.5.3.2 yang menyatakan bahwa tebal dinding basement eksterior dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm

Dinding basement : 300 mm > 190 mm (OK!)

#### 4.6.2 Perencanaan Pelat Lantai *Basement*

Berikut merupakan data-data perencanaan pelat :

- Tebal pelat = 400 mm
- Selimut beton = 40 mm
- Mutu beton = 40 MPa
- Mutu tulangan = 420 MPa
- Diameter tulangan = 13 mm

Perhitungan pelat P1 basement dengan dimensi 10000 mm x 10000 mm yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya. Untuk pelat lantai basement tidak menggunakan pelat *hollow core* melainkan menggunakan beton cor setempat. Pada pelat *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada barang pada gudang.

- **Akibat Gaya *Uplift Air***

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah

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

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$t = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{air}} &= \gamma_w \times \text{volume basement} \\
 &= 1 \times (\text{Df} + t) \\
 &= 1 \times (3 + 0,4) \\
 &= 3400 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa  $q_{\text{air}} = 3400 \text{ kg/m}^2$ . Nilai  $q_{\text{air}}$  tersebut akan menjadi beban *uplift* pada pelat *basement*.

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c' - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,036$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$dx = 400 - 40 - (13/2) = 353,5 \text{ mm}$$

$$dy = 400 - 40 - 13 - (13/2) = 340,5 \text{ mm}$$

- **Perhitungan penulangan tumpuan arah X**

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{10000}{10000} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X, X = 44$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times 3400 \times 10^2 \times 44 \\
 &= 1496 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1496}{0,9} = 1662,2 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{166220000}{10000 \times 353,5^2} = 0,133 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,133}{420}} \right) \\ &= 0,00031 < \rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (pakai } \rho_{\text{min}}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 353,5 \\ &= 1178,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D13 mm

$$A_s = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{sD13}} \\ &= \frac{1178,33}{132,732} \\ &= 8,77 \approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ pakai} = 9 \times 132,373 = 1194,59 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{max}} = \frac{1000}{9} = 111 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D13-100 mm

- **Perhitungan penulangan tumpuan arah Y**

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{10000}{10000} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

$$\text{Mulx} = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X, X = 44$$

$$\text{Mulx} = 0,001 \times 3400 \times 10^2 \times 44$$

$$= 1496 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1496}{0,9} = 1662,2 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{16622000}{10000 \times 340,5^2} = 0,143 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,143}{420}} \right) \\ &= 0,00034 < \rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (pakai } \rho_{\text{min}}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 353,5 \\ &= 1178,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D13 mm

$$As = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{\text{perlu}}}{As_{D13}} \\ &= \frac{1178,33}{132,732} \\ &= 8,77 \approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$As \text{ pakai} = 9 \times 132,373 = 1194,59 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{max}} = \frac{1000}{9} = 100 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D13-100 mm

- **Akibat Beban Gudang**

Berdasarkan peraturan pembebanan pada struktur pelat *basement* akibat gudang menggunakan SNI 1727:2013

Beban Mati

$$\text{Berat Beton} = 0,4 \times 2400 = 960 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Spesi (2cm)} = 0,02 \times 2400 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Total} = 1042 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$\text{Beban Hidup Gudang} = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Total} = 1,2D + 1,6L = 2162,4 \text{ kg/m}^2$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa  $q_{\text{total}} = 2162,4 \text{ kg/m}^2$ .

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,036$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$d_x = 400 - 40 - (13/2) = 353,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 400 - 40 - 13 - (13/2) = 340,5 \text{ mm}$$

- **Perhitungan Penulangan Tumpuan Arah X**

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{10000}{10000} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

$$\text{Mulx} = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X, X = 44$$

$$\begin{aligned} \text{Mulx} &= 0,001 \times 2162,4 \times 10^2 \times 44 \\ &= 951,46 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\phi} = \frac{951,46}{0,9} = 1057,17 \text{ kgm}$$

$$\text{Rn} = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{10571700}{10000 \times 353,5^2} = 0,085 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,085}{420}} \right) \\ &= 0,0002 < \rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (pakai } \rho_{\text{min}}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 353,5 \\ &= 1178,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D13 mm

$$A_s = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{sD13}}} \\ &= \frac{1178,33}{132,732} \\ &= 8,77 \approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ pakai} = 9 \times 132,373 = 1194,59 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} = \frac{1000}{9} = 111 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D13-100 mm

• **Perhitungan Penulangan Tumpuan Arah Y**

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{10000}{10000} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

$$\text{Mulx} = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X, X = 44$$

$$\begin{aligned} \text{Mulx} &= 0,001 \times 2162,4 \times 10^2 \times 44 \\ &= 951,46 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\phi} = \frac{951,46}{0,9} = 1057,17 \text{ kgm}$$

$$\text{Rn} = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{10571700}{10000 \times 340,5^2} = 0,091 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times \text{Rn}}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,091}{420}} \right) \\ &= 0,0002 < \rho_{\min} = 0,0033 \text{ (pakai } \rho_{\min}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 353,5 \\ &= 1178,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D13 mm

$$A_s = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{sperlu}}{A_{sD13}} \\ &= \frac{1178,33}{132,732} \\ &= 8,77 \approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ pakai} = 9 \times 132,373 = 1194,59 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} = \frac{1000}{9} = 100 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D13-100 mm

#### 4.6.2.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement

**Tabel 4.36** Rekapitulasi penulangan Pelat

Pelat	Dimensi	Penulangan X	Penulangan Y
PB1	6500 x 10000	D13-100	D13-100
PB2	10000 x 10000	D13-100	D13-100



## 4.7 Perencanaan Pondasi

### 4.7.1 Umum

Pada umumnya pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terletak di bagian terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaannya, pondasi terdiri dari dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak.

Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *Spun Pile* produk dari PT. Wijaya Karya Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (*pile cap*) dan perencanaan sloof (*tie beam*).

### 4.7.2 Data Tanah

Data tanah yang diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur akan dibangun. Pada perencanaan ini data tanah yang digunakan adalah data tanah pembangunan gedung di Cilacap.

### 4.7.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *spun pile* dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (precast concrete pile) dengan bentuk penampang bulat
2. Mutu beton tiang pancang K-600

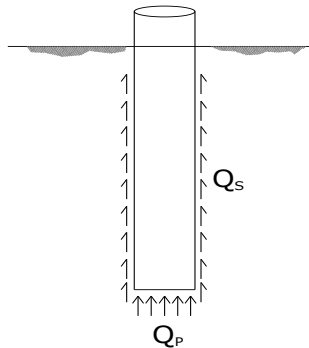
Berikut ini spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan :

- *Diameter outside* = 800 mm

- *Thickness* = 120 mm
- *Bending momen crack* = 65 tm
- *Bending momen ultimate* = 130 tm
- *Allowable axial* = 368,17 ton

#### 4.7.4 Daya Dukung

##### 4.7.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal



**Gambar 4.29** 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 ( $Q_s$ ). Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT menurut Luciano Decourt adalah sebagai berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana:

$Q_u$  = Daya dukung tanah maksimum pondasi

$Q_p$  = Daya dukung di dasar pondasi

$Q_s$  = Daya dukung karena friksi tiang

Dimana :

$$Q_p = C_u \times A_e \times 9$$

$$Q_s = \sum f_s \times A_s$$

$$C_u = \text{kekuatan geser undrained} = 29 N^{0,72}$$

$$A_e = \text{Luas ujung tiang pancang} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s = \text{Luas permukaan} = K \times \text{kedalaman}$$

$$K = \text{Keliling ujung tiang pancang} = \pi \times D$$

$$f_s = \text{sleeve friksi} = q_c \times 0,09$$

$$Q_c = \text{gaya angkat dari cone} = 4 \times N$$

$$N = \text{jumlah pukulan dari SPT test yang sudah dikoreksi}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{Q_u}{3}$$

**Tabel 4.37** Perhitungan Daya Dukung Tanah

Depth	$\gamma_{sat}$	N	Qujung	sigma fsi x Asi	Qult = Qujung+sigma Rsi	Qijin
2	1,9	12	483	24	507	169
4	1,9	12	448	47	495	165
6	1,9	19	448	69	517	172
8	1,9	22	426	90	516	172
10	1,9	18	439	112	551	184
12	1,9	19	425	133	559	186
14	1,9	35	397	153	550	183
16	1,7	29	403	173	576	192
18	1,7	23	393	193	586	195
20	1,7	25	380	241	620	207
22	1,7	21	362	286	648	216
24	1,7	13	320	326	646	215
26	1,7	10	301	363	664	221
28	1,7	12	304	401	705	235
30	1,7	14	265	435	700	233
32	1,7	24	269	468	737	246
34	1,7	28	318	508	826	275
36	1,7	38	413	560	972	324
38	1,7	40	505	623	1128	376
40	1,7	41	592	697	1289	430
42	1,7	43	649	778	1426	475
44	1,7	50	713	867	1580	527
46	1,7	50	742	960	1702	567
48	1,7	50	764	1055	1820	607
50	1,7	50	783	1153	1936	645

#### 4.7.4.2 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 dapat diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{\text{maks}} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \times X_{\text{max}}}{\sum x^2} + \frac{M_x \times Y_{\text{max}}}{\sum y^2} \leq P_{\text{ijin tanah}}$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tinag pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tinag pancang dalam grup dengan cara coba coba dan sesuai dengan besar poer.

$$P = 964,2367 \text{ ton}$$

$$n = 9$$

$$M_x = 32,3 \text{ tm}$$

$$M_y = 31,68 \text{ tm}$$

$$H_y = 6,24 \text{ ton}$$

$$H_x = 5,35 \text{ ton}$$

$$X_{\text{max}} = 2,4 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 2,4 \text{ m}$$

$$P_{\text{maks}} = 110,1 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} = 192 \text{ ton (OK!)}$$

#### 4.7.4.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 80 cm. Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti pada perhitungan dibawah ini :

- Untuk jarak antar tiang pancang

$$2,5D \leq S \leq 3D$$

$$2,5 \times 80 \leq S \leq 3 \times 80$$

$$200 \text{ cm} \leq S \leq 240 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang 240 cm

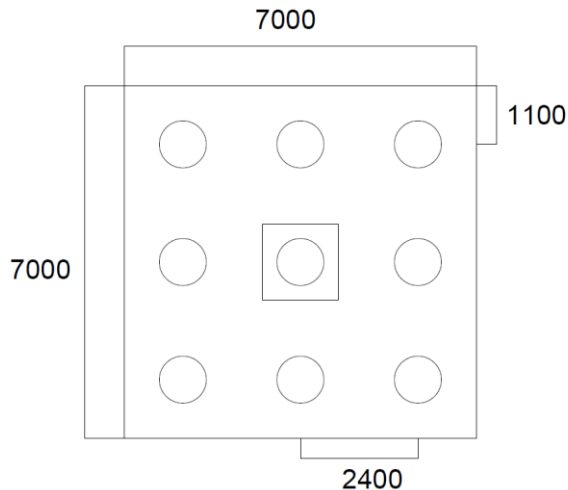
- Untuk jarak tepi tiang pancang

$$1D \leq S \leq 2D$$

$$80 \leq S \leq 2 \times 80$$

$$80 \text{ cm} \leq S \leq 160 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tepi tiang pancang 110 cm



**Gambar 4.30** Konfigurasi Tiang Pancang

Pada pondasi tiang grup/ kelompok, terlebih dahulu dikoreksi dengan suatu faktor yaitu faktor efisiensi, yang dirumus pada persamaan dibawah ini :

$$Q_{ijin} (\text{grup}) = Q_{ijin} (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

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

Dimana :

D = Diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam grup = 3

n = jumlah kolom tiang pancang dalam grup = 3

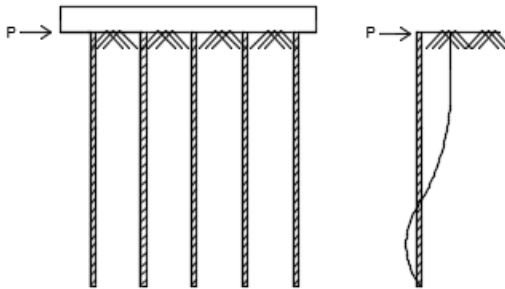
**Perhitungan :**

$$\eta = 1 - \left\{ \arctan \left( \frac{800}{2400} \right) \left( \frac{(3-1)^2 + (2-1)^3}{90 \times 3 \times 2} \right) \right\} = 0,72$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{ijin} (\text{grup}) &= Q_{ijin} (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta \\ &= 192 \times 9 \times 0,72 \\ &= 1238,95 \text{ ton} > P_u = 964,2367 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 4.7.4.4 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral



**Gambar 4.31** 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 :

$$\delta = Fd \left( \frac{P \times T^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$\delta$  = defleksi yang terjadi

Fd = koefisien defleksi

P = gaya lateral 1 tiang

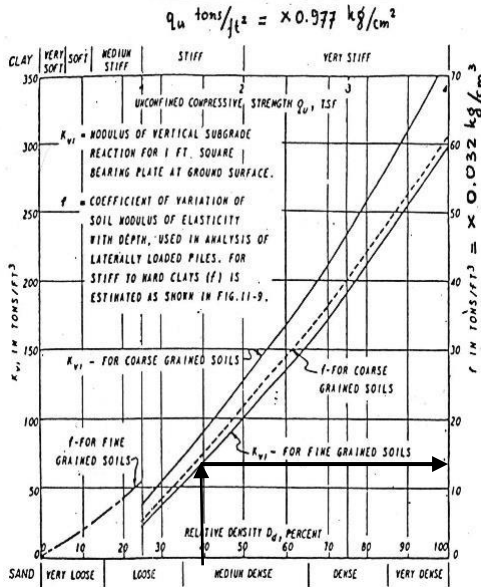
T = *relative stiffness Factor*

Tiper pondasi Kolom

Jumlah tiang = 9

$$\begin{aligned} \text{H 1 tiang} &= 7,94 \text{ t} \times \frac{R}{I} \\ &= 7,94 \text{ t} \times \frac{6,5}{2,5} \\ &= 20,6 \text{ ton} \end{aligned}$$





**Gambar 4.32** Grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*

Tanah Padat (Data Tanah)

Didapatkan dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*  $f$  (soil modulus of elasticity coefficient) = 12 t/ft<sup>3</sup> = 0,38 kg/cm<sup>3</sup>

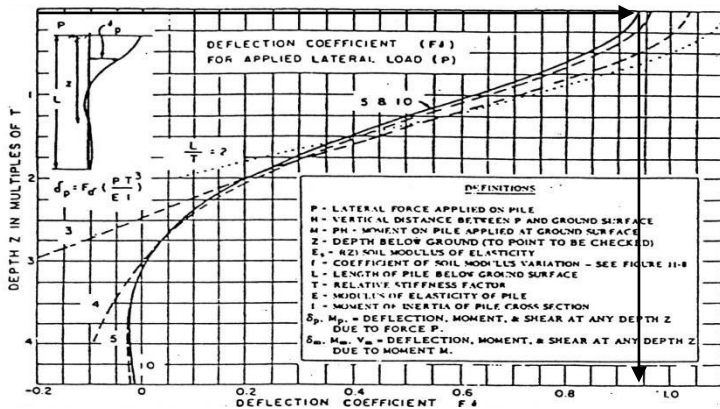
$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^5$$

$$E = 4700 \sqrt{fc'} = 4700 \sqrt{52} = 33892,18 \text{ MPa}$$

$$= 345839 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times (80 - 12)^4 = 1049556 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{345839 \times 1049556}{0,38}\right)^{\frac{1}{5}} = 248,9 \text{ cm}$$



**Gambar 4.33** grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile*

$L = 16 \text{ m} = 1600 \text{ cm}$  (kedalaman tiang pancang)

$T = 248,9 \text{ cm}$

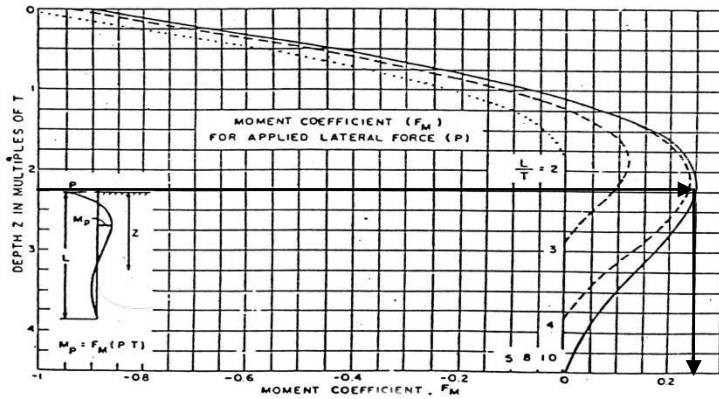
$L/T = 6,43$

Dari grafik diatas didapatkan  $F_d$  (koefisien defleksi) = 0,94

$$\delta = F_d \left( \frac{P \times T^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,94 \left( \frac{20600 \times 248,9^3}{345839 \times 1049556} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$= 0,823 \leq 2,5 \text{ cm (OK!)}$$



**Gambar 4.34** Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile

Kontrol Momen :

$$L/T = 6,43$$

Dari grafik didapatkan  $F_m$  (koefisien momen) = 0,25

$$\begin{aligned} M &= F_m(P.T) \leq M_{\text{bending crack}} \\ &= 0,25 \times (20,6 \times 2,489) \leq 65 \text{ tm} \\ &= 12,85 \text{ tm} \leq 65 \text{ tm} \end{aligned}$$

### 4.7.5 Perencanaan Poer Kolom

Perencanaan poer dirancang untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Berdasarkan hal tersebut poer direncanakan harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

#### Data data perencanaan

- Dimensi poer = 7000 mm x 7000 mm
- Tebal poer = 1300 mm
- Tulangan utama = 25 mm
- Dimensi kolom = 1300 mm x 1300 mm
- Tebal selimut = 40 mm
- Tinggi efektif
  - dx =  $1300 - 40 - \frac{1}{2} \times 25 = 1247,5$  mm
  - dy =  $1300 - 40 - \frac{1}{2} \times 25 - 25 = 1222,5$  mm

#### 4.7.5.1 Kontrol Geser Pons

Sebelum melakukan perhitungan penulangan pada poer, dilakukan kontrol geser pons pada tiang pancang.

##### ➤ Kontrol Geser Pons Tiang Pancang tepi

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

- $V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$   
SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.a
- $V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$   
SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.b
- $V_c = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$   
SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.c

Dengan :

$$\text{Dimensi poer} = 7000 \times 7000 \times 1300 \text{ m}^3$$

$$\text{Selimut Beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1300 - 40 - \frac{1}{2} 25 = 1247,5$$

Dimana :

$B_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada pondasi tiang pancang

$$= \frac{7000}{7000} = 1$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada poer

$$= [2\pi \times (d + D_{\text{tiang}})]$$

$$= [2\pi \times (1247,5 + 800)]$$

$$= 12864,82 \text{ mm}$$

$\alpha_s$  = 30, untuk kolom eksterior

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 7000 \times 1247,5$$

$$= 3513,8 \text{ ton}$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 0,083 \left( \frac{30 \times 1247,5}{12864,82} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 7000 \times 1247,5$$

$$= 1333,5 \text{ ton (menentukan)}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 12864,82 \times 1247,5 \\
 &= 1822,6 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 1333,5 \\
 &= 1000,2 \text{ ton} > P_u \text{ tiang} = 108,32 \text{ ton (OK!)}
 \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Geser Pons Kolom Interior**

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

- $V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$   
SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.a
- $V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$   
SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.b
- $V_c = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$   
SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.c

Dengan :

$$\text{Dimensi poer} = 7000 \times 7000 \times 1300 \text{ m}^3$$

$$\text{Selimut Beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1300 - 40 - \frac{1}{2} 25 = 1247,5$$

Dimana :

$B_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada pondasi tiang pancang

$$= \frac{7000}{7000} = 1$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada poer

$$\begin{aligned} &= [2(b_{\text{kolom}} + d)] + [2(h_{\text{kolom}} + d)] \\ &= [2(1300 + 1247,5)] + [2(1300 + 1247,5)] \\ &= 10190 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\alpha_s$  = 40, untuk kolom eksterior

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 7000 \times 1247,5 \\ &= 2966,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= 0,083 \left( \frac{40 \times 1247,5}{10190} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 7000 \times 1247,5 \\ &= 2244,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d \\ &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 10190 \times 1247,5 \\ &= 1822,6 \text{ ton (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 1822,6 \\ &= 1549,2 \text{ ton} > P_u \text{ kolom} = 964,24 \text{ ton (OK!)} \end{aligned}$$

### 4.7.5.2 Perencanaan Balok Tinggi Poer

Sebelum melakukan perencanaan balok tinggi akan dilakukan kontrol apakah struktur poer perlu dihitung menggunakan balok tinggi atau tidak. Selanjutnya untuk penulangan poer akan dilakukan perhitungan menggunakan metode strut and tie.

#### ➤ Kontrol Balok Tinggi Poer

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.7.1 komponen struktur dihitung menggunakan balok tinggi bila memenuhi kriteria sebagai berikut :

$$\frac{ln}{4} \leq h$$

Ln = Panjang bentang bersih komponen struktur

h = tinggi komponen struktur

Pondasi Kolom

$$\frac{ln}{4} = \frac{2400}{4} = 600 \leq 1300$$

(dihitung menggunakan balok tinggi)



#### 4.7.5.2.1 Perencanaan Balok Tinggi Kolom

Sebelum melakukan perencanaan balok tinggi pada kolom berikut adalah data – data yang digunakan untuk perencanaan :

$$b_w = 4,8 \text{ m}$$

$$h = 1,3 \text{ m}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} j_d &= 1300 - 40 - 40 - 25 \\ &= 1195 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

$$P = 3240,3 \text{ kN}$$

$$P \text{ kolom} = 9458,8 \text{ kN}$$

Dianggap  $w_t = 1,5 w_s$

$$j_d = h - \frac{w_s}{2} - \frac{w_t}{2}$$

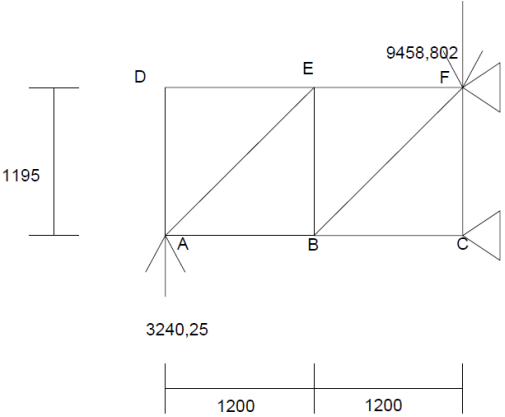
$$1195 = 1300 - \frac{w_s}{2} - \frac{1,5 w_s}{2}$$

$$W_s = 84 \text{ mm}$$

$$W_t = 1,25 w_s$$

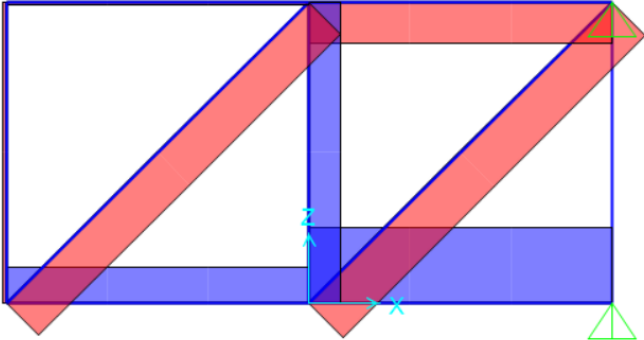
$$= 105 \text{ mm}$$

➤ **Gaya Strut and Tie**



**Gambar 4.35** Sketsa beban balok tinggi

Dengan memasukkan permodelan ke SAP2000 didapatkan diagram gaya :



**Gambar 4.36** Gaya pada strut dan tie

Didapatkan gaya gaya =

$$F_{BC} = 6014214 \text{ N}$$

$$F_{BF} = 3796657 \text{ N}$$

$$F_{BE} = 2456755 \text{ N}$$

- **Penulangan Lentur Balok Tinggi Kolom**

$$F_{uBC} = \phi \times A_s \times f_y$$

$$6014214 = 0,75 \times A_s \times 420$$

$$A_s = \frac{6014214}{0,75 \times 420} = 191791,2 \text{ mm}^2$$

Cek  $A_s$  minimum

$$A_s = 191791,2 \geq \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d}{f_y} \geq \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$= 191791,2 \text{ mm}^2 < 20663,23 \geq 18296 \text{ mm}^2$$

Sehingga pakai  $A_s = 20663,23 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan 22D25,  $A_s = 21598,45 \text{ mm}^2$

Dipasang pada jarak :

$$S \text{ tulangan} = \frac{4800}{22} = 218,18 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan sebanyak D25-200

- **Penulangan Geser Balok Tinggi Kolom**

$$F_{uBE} = 2456755 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{F_u}{\phi \times f_y} = \frac{2456755}{0,75 \times 420}$$

$$= 7799,22 \text{ mm}^2$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  vertikal tidak kurang dari

$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

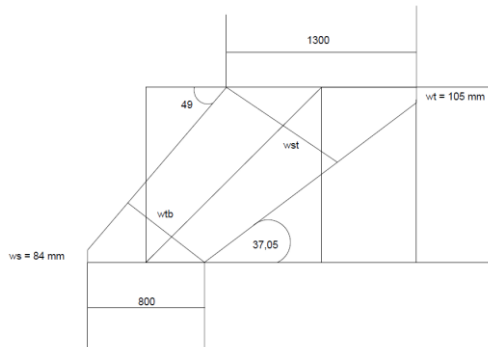
$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times 4800 \times 100$$

$$A_{v_{\min}} \geq 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_v > A_{v_{\min}} \text{ maka dipakai } A_v = 7799,22 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 39D16 dengan  $A_v = 7841,415 \text{ mm}^2$

$$\text{Dipasang pada jarak } S = \frac{4900}{13} = 376 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$



**Gambar 4.37** Bottle shaped strut

Dari gambar didapatkan

$$\begin{aligned} W_{sb} &= 800 \times \sin 37 + 84 \times \cos 37 \\ &= 548,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{tt} &= 1300 \times \sin 48 + 105 \times \cos 48 \\ &= 1036,35 \end{aligned}$$

$W_s$  diambil yang terkecil dari  $w_{tb}$  dan  $w_{st}$  maka diambil  $w_s = 548,53$  mm

Bila dianggap boleh retak sebagian untuk menangani bottle shaped force ( $\beta_s = 0,7$ )

$$\begin{aligned} \Phi F_{nBF} &= \Phi \times 0,85 \times \beta_s \times f_c' \times b \times w_s \\ &= 0,75 \times 0,85 \times 0,7 \times 40 \times 4800 \times 548,53 \\ &= 46998684,5 \text{ N} > F_{uBF} = 3796657 \text{ N} \end{aligned}$$

Dipakai  $S = 100$  mm

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 4800 \times 100$$

$$A_v \geq 1200 \text{ mm}^2$$

Dipakai 10D13 dengan  $A_v = 1327,32 \text{ mm}^2$

Maka dipakai Sengkang horizontal dan sengkang vertikal 10D13-100

#### 4.7.5.2.2 Perencanaan Balok Tinggi Memanjang SW

Sebelum melakukan perencanaan balok tinggi pada shearwall arah memanjang berikut adalah data – data yang digunakan untuk perencanaan :

$$b_w = 4,8 \text{ m}$$

$$h = 1,3 \text{ m}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} j_d &= 1300 - 40 - 40 - 25 \\ &= 1195 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

$$P = 4640,286 \text{ kN}$$

$$P_{SW} = 32482 \text{ kN}$$

Dianggap  $w_t = 1,5 w_s$

$$j_d = h - \frac{w_s}{2} - \frac{w_t}{2}$$

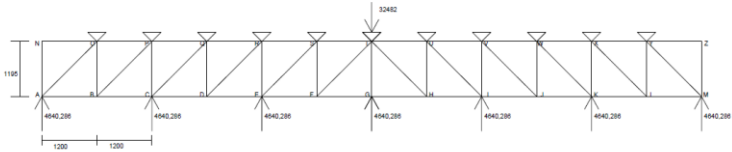
$$1195 = 1300 - \frac{w_s}{2} - \frac{1,5 w_s}{2}$$

$$W_s = 84 \text{ mm}$$

$$W_t = 1,25 w_s$$

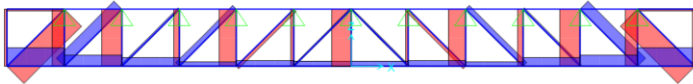
$$= 105 \text{ mm}$$

➤ **Gaya Strut and Tie**



**Gambar 4.38** Sketsa beban balok tinggi

Dengan memasukkan permodelan ke SAP2000 didapatkan diagram gaya :



**Gambar 4.39** Gaya pada strut dan tie

Didapatkan gaya gaya =

$$F_{AO} = 5037337 \text{ N}$$

$$F_{AB} = 3868930 \text{ N}$$

$$F_{BP} = 2342692 \text{ N}$$

$$F_{DR} = 1044872 \text{ N}$$

$$F_{CQ} = 362867 \text{ N}$$

$$F_{CP} = 4247632 \text{ N}$$

- **Penulangan Lentur Balok Tinggi Memanjang SW**

$$F_{uAB} = \phi \times A_s \times f_y$$

$$3868930 = 0,75 \times A_s \times 420$$

$$A_s = \frac{3868930}{0,75 \times 420} = 12282,32 \text{ mm}^2$$

Cek  $A_s$  minimum

$$A_s = 12282,32 \geq \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d}{f_y} \geq \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$= 12282,32 \text{ mm}^2 < 20663,23 \geq 18296 \text{ mm}^2$$

Sehingga pakai  $A_s = 20663,23 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan 22D25,  $A_s = 21598,45 \text{ mm}^2$

Dipasang pada jarak :

$$S = \frac{4800}{22} = 218,2 \text{ mm}$$

Dipakai D25-200 mm

- **Penulangan Geser Balok Tinggi Memanjang SW**

$$F_{uBP} = 2342692 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{F_u}{\phi \times f_y} = \frac{2342692}{0,75 \times 420}$$

$$= 7437,12 \text{ mm}^2$$



Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times 4800 \times 100$$

$$A_{v_{\min}} \geq 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_v > A_{v_{\min}} \text{ maka dipakai } A_v = 7437,12 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 37D16 dengan  $A_v = 7439,3 \text{ mm}^2$

Maka dipakai Sengkang horizontal dan sengkang vertikal 37D16-100 mm

$$F_{u_{DR}} = 1044871 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{F_u}{\Phi \times f_y} = \frac{1044871}{0,75 \times 420} \\ &= 3317,051 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times 4800 \times 100$$

$$A_{v_{\min}} \geq 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_v > A_{v_{\min}} \text{ maka dipakai } A_v = 3317,051 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 37D16-100 dengan  $A_v = 3418,053 \text{ mm}^2$

Maka dipakai Senggang horizontal dan senggang vertikal 37D16-100 mm

$$F_{u_{CQ}} = 362867 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{F_u}{\Phi \times f_y} = \frac{362867}{0,75 \times 420}$$

$$= 1151,959 \text{ mm}^2$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  senggang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_{v_{\min}} \geq 0,0025 \times 4800 \times 100$$

$$A_{v_{\min}} \geq 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_v < A_{v_{\min}} \text{ maka dipakai } A_v = 1200 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 10D13-100 dengan  $A_v = 1327,32 \text{ mm}^2$

$$F_{u_{CP}} = 4247632 \text{ N}$$

$$F_{n_{CP}} = \Phi \times 0,85 \times \beta_s \times f_c' \times b \times w_s$$

$$= 0,75 \times 0,85 \times 0,7 \times 40 \times 4800 \times 800$$

$$= 68544000 \text{ N} > F_{u_{CP}} = 4247632 \text{ N}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  senggang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 4800 \times 100$$

$$A_v \geq 1200 \text{ mm}^2$$

Dipakai 10D13 dengan  $A_v = 1327,32 \text{ mm}^2$

Maka dipakai sengkang vertikal 10D13-100

Maka dipakai Sengkang horizontal dan sengkang vertikal 10D13-100 mm

$$\begin{aligned} W_{sb} &= 800 \times \sin 8 + 84 \times \cos 8 \\ &= 194,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$W_s = 194,52 \text{ mm}$$

Bila dianggap boleh retak sebagian untuk menangani bottle shaped force ( $\beta_s = 0,7$ )

$$\begin{aligned} \Phi F_{n_{AO}} &= \Phi \times 0,85 \times \beta_s \times f_c' \times b \times w_s \\ &= 0,75 \times 0,85 \times 0,7 \times 40 \times 4800 \times 194,52 \\ &= 16666559,2 \text{ N} > F_{u_{AO}} = 5037337 \text{ N} \end{aligned}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 4800 \times 100$$

$$A_v \geq 1200 \text{ mm}^2$$

Dipakai 10D13 dengan  $A_v = 1327,32 \text{ mm}^2$

Maka dipakai Sengkang horizontal dan sengkang vertikal 10D13-100

### 4.7.5.2.3 Perencanaan Balok Tinggi Melintang SW1

Sebelum melakukan perencanaan balok tinggi pada kolom berikut adalah data – data yang digunakan untuk perencanaan :

$$b_w = 16,8 \text{ m}$$

$$h = 1,3 \text{ m}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} j_d &= 1300 - 40 - 40 - 25 \\ &= 1195 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

$$P = 10827,33 \text{ kN}$$

$$P_{SW} = 32482 \text{ kN}$$

Dianggap  $w_t = 1,5 w_s$

$$j_d = h - \frac{w_s}{2} - \frac{w_t}{2}$$

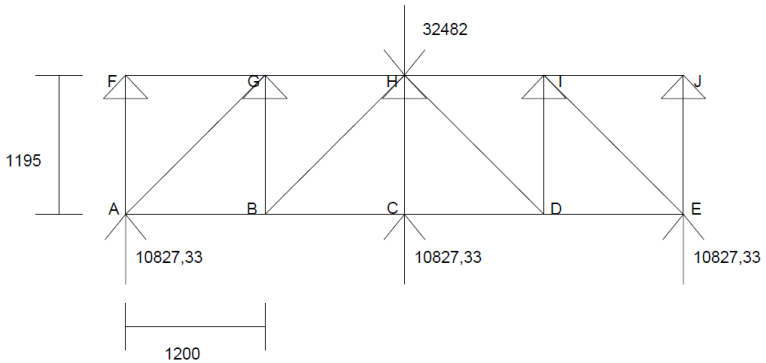
$$1195 = 1300 - \frac{w_s}{2} - \frac{1,5 w_s}{2}$$

$$W_s = 84 \text{ mm}$$

$$W_t = 1,25 w_s$$

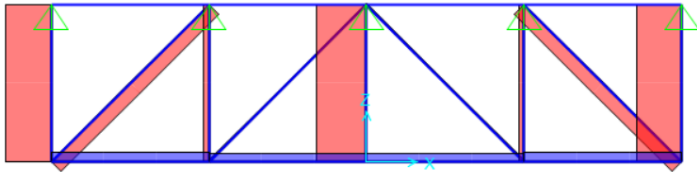
$$= 105 \text{ mm}$$

➤ **Gaya Strut and Tie**



**Gambar 4.40** Sketsa beban balok tinggi

Dengan memasukkan permodelan ke SAP2000 didapatkan diagram gaya :



**Gambar 4.41** Gaya pada strut dan tie

Didapatkan gaya gaya =

$$F_{AB} = 1833214 \text{ N}$$

$$F_{CH} = 9573380 \text{ N}$$

$$F_{AG} = 2600058 \text{ N}$$

$$F_{BH} = 252352 \text{ N}$$

- **Penulangan Lentur Balok Tinggi Melintang SW1**

$$F_{uAB} = \phi \times A_s \times f_y$$

$$1833214 = 0,75 \times A_s \times 420$$

$$A_s = \frac{1833214}{0,75 \times 420} = 5819,73 \text{ mm}^2$$

Cek  $A_s$  minimum

$$A_s = 5819,73 \geq \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d}{f_y} \geq \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$= 5819,73 \text{ mm}^2 < 78741 \text{ mm}^2 \geq 69720 \text{ mm}^2$$

Sehingga pakai  $A_s = 78741 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan 161D25,  $A_s = 79030,7 \text{ mm}^2$

Dipasang pada jarak :

$$S = \frac{16800}{161} = 104,4 \text{ mm}$$

Dipakai D25-100 mm

- **Penulangan Geser Balok Tinggi Melintang SW1**

$$F_{CH} = 9573380 \text{ N}$$

$$\Phi F_{nCH} = \Phi \times 0,85 \times \beta_s \times f_c' \times b \times w$$

$$= 0,75 \times 0,85 \times 0,7 \times 40 \times 16800 \times 800$$

$$= 239904000 \text{ N} > F_{uCH} = 9573380 \text{ N}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 16800 \times 100$$

$$A_v \geq 4200 \text{ mm}^2$$

Dipakai 32D13 dengan  $A_v = 4247,4 \text{ mm}^2$

$$F_{u_{BH}} = 253352 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{F_u}{\Phi \times f_y} = \frac{253352}{0,75 \times 420}$$

$$= 804,2921 \text{ mm}^2$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 16800 \times 100$$

$$A_v \geq 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_v < A_{v_{\min}}, \text{ Dipakai } A_{v_{\min}} = 4200 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai sengkang vertikal 32D13-100 mm,  $A_v = 4247,4 \text{ mm}^2$

$$W_{sb} = 800 \times \sin 25 + 84 \times \cos 25$$

$$= 414,224 \text{ mm}$$

$$W_s = 414,224 \text{ mm}$$

Bila dianggap boleh retak sebagian untuk menangani bottle shaped force ( $\beta_s = 0,7$ )

$$\Phi F_{n_{AG}} = \Phi \times 0,85 \times \beta_s \times f_c' \times b \times w_s$$

$$= 0,75 \times 0,85 \times 0,7 \times 40 \times 16800 \times 414,224$$

$$= 124217632 \text{ N} > F_{uAG} = 2600058 \text{ N}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 16800 \times 100$$

$$A_v \geq 4200 \text{ mm}^2$$

Dipakai 32D13 dengan  $A_v = 4247,4 \text{ mm}^2$

Maka dipakai Sengkang horizontal dan sengkang vertikal 32D13-100 mm.

#### **4.7.5.2.4 Perencanaan Balok Tinggi Melintang SW2**

Sebelum melakukan perencanaan balok tinggi pada shearwall 2 arah melintang berikut adalah data – data yang digunakan untuk perencanaan :

$$b_w = 16,8 \text{ m}$$

$$h = 1,3 \text{ m}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$j_d = 1300 - 40 - 40 - 25$$

$$= 1195 \text{ mm}$$

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

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

$$P = 10827,33 \text{ kN}$$



$$P_{SW} = 32482 \text{ kN}$$

Dianggap  $w_t = 1,5 w_s$

$$j_d = h - \frac{w_s}{2} - \frac{w_t}{2}$$

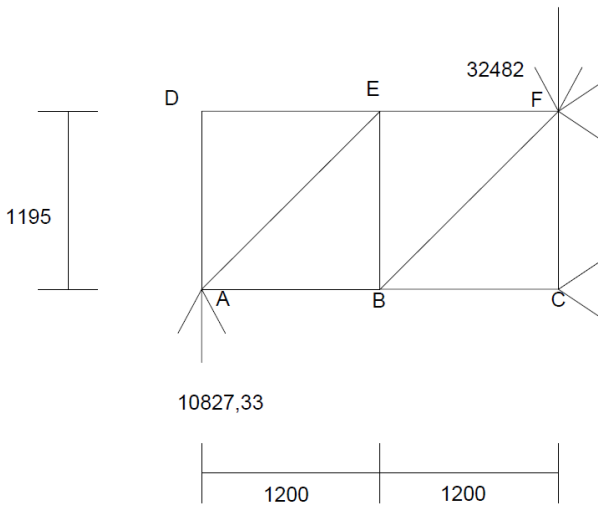
$$1195 = 1300 - \frac{w_s}{2} - \frac{1,5 w_s}{2}$$

$$W_s = 84 \text{ mm}$$

$$W_t = 1,25 w_s$$

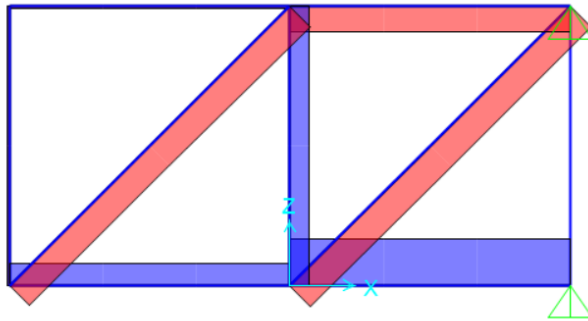
$$= 105 \text{ mm}$$

➤ **Gaya Strut and Tie**



**Gambar 4.42** Sketsa beban balok tinggi

Dengan memasukkan permodelan ke SAP2000 didapatkan diagram gaya :



**Gambar 4.43** Gaya pada strut dan tie

Didapatkan gaya gaya =

$$F_{BC} = 20096259 \text{ N}$$

$$F_{BE} = 8209293 \text{ N}$$

$$F_{BF} = 12686568 \text{ N}$$

- **Penulangan Lentur Balok Tinggi Melintang SW2**

$$F_{u_{BC}} = \phi \times A_s \times f_y$$

$$20096259 = 0,75 \times A_s \times 420$$

$$A_s = \frac{20096259}{0,75 \times 420} = 63797,65 \text{ mm}^2$$

Cek  $A_s$  minimum

$$A_s = 63797,65 \geq \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d}{f_y} \geq \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$= 63797,65 \text{ mm}^2 < 78741 \text{ mm}^2 \geq 69720 \text{ mm}^2$$

Sehingga pakai  $A_s = 78741 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan 161 D25,  $A_s = 79030,7 \text{ mm}^2$

Dipasang pada jarak :

$$S = \frac{16800}{161} = 104,4 \text{ mm}$$

Dipakai D25-100 mm

• **Penulangan Geser Balok Tinggi Melintang SW2**

$$F_{uBE} = 8209293 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{F_u}{\Phi \times f_y} = \frac{8209293}{0,75 \times 420}$$

$$= 26061,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai S = 100 mm

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 16800 \times 100$$

$$A_v \geq 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_v > A_{v_{\min}} \text{ Maka dipakai } A_v = 26061,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 130 D16 dengan  $A_v = 26138,05 \text{ mm}^2$

$$\text{Dipasang pada jarak } S = \frac{16800}{10} = 1680 \approx 500 \text{ mm}$$

Dipakai S = 100 mm

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 16800 \times 100$$

$$A_v \geq 4200 \text{ mm}^2$$

Dipakai 32D13 dengan  $A_v = 4247,4 \text{ mm}^2$

Maka dipakai Sengkang horizontal dan sengkang vertikal 32D13-100 mm

$$\begin{aligned} W_{sb} &= 800 \times \sin 37 + 84 \times \cos 37 \\ &= 548,53 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$W_s = 548,53 \text{ mm}$$

Bila dianggap boleh retak sebagian untuk menangani bottle shaped force ( $\beta_s = 0,7$ )

$$\begin{aligned} \Phi F_{n_{BF}} &= \Phi \times 0,85 \times \beta_s \times f_c' \times b \times w_s \\ &= 0,75 \times 0,85 \times 0,7 \times 40 \times 16800 \times 548,53 \\ &= 164495396 \text{ N} > F_{u_{BF}} = 2600058 \text{ N} \end{aligned}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

Sesuai SNI:2847:2013 pasal 11.7.4.1 dan 11.7.4.2 digunakan  $A_v$  sengkang horizontal dan vertikal tidak kurang dari

$$A_v \geq 0,0025 \times b_w \times s$$

$$A_v \geq 0,0025 \times 16800 \times 100$$

$$A_v \geq 4200 \text{ mm}^2$$

Dipakai 32D13 dengan  $A_v = 4247,4 \text{ mm}^2$

Maka dipakai Sengkang horizontal dan sengkang vertikal 32D13-100 mm

**Tabel 4.38** Perhitungan Perencanaan Poer

Tipe Pondasi	Tebal	Tul Lentur	Cover	
	mm	mm	mm	
Pondasi Kolom	1300	32	40	
Pondasi Shearwall SW 1	1300	32	40	
Pondasi Shearwall SW 2	1300	32	40	
Tipe Pondasi	Penulangan Pile Cap			
	Arah X		Arah Y	
	n	S	n	S
Pondasi Kolom	22D25	200	22D25	200
Pondasi Shearwall SW 1	161D25	100	22D25	200
Pondasi Shearwall SW 2	161D25	100	22D25	200
Tipe Pondasi	Penulangan Geser Pile Cap			
	Melintang		Memanjang	
	n	S	n	S
Pondasi Kolom	10D13	100	10D13	100
Pondasi Shearwall SW 1	32D13	100	37D13	100

Pondasi Shearwall SW 2	32D13	100	37D13	100
------------------------------	-------	-----	-------	-----

#### 4.7.6 Perencanaan Balok Sloof

Struktur sloof digunakan dengan tujuan agar apabila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan dapat terjadi secara bersamaan. Adapun beban beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sendiri dan beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof = 500 mm x 700 mm

Panjang sloof = 8,7 m

$f_c'$  = 40 MPa

$f_y$  = 420 MPa

Selimit beton = 40 mm

Tulangan utama = 25 mm

Sengkang = 13 mm

Tinggi efektif (d) =  $700 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 25$   
= 634,5 mm

- **Penulangan Lentur Sloof**

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom.

Beban yang terjadi pada sloof :

Berat sendiri sloof =  $0,7 \times 0,5 \times 2400 = 840 \text{ kg/m}$

Berat Basement =  $0,4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 960 \text{ kg/m}^2$

$$= 3040 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Hidup} = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1900 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Dinding} = 0,3 \times 3 \times 2400$$

$$= 2160 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 1,2D + 1,6L = 1,2(840 + 3071 + 2160) + 1,6(1920)$$

$$= 10288 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 10288 \times 8,7^2$$

$$= 97337 \text{ kgm}$$

$$= 973,4 \text{ kNm}$$

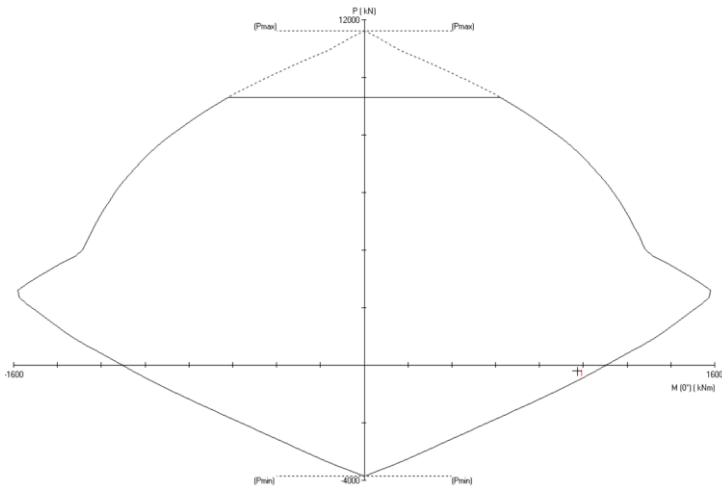
$$P = 0,1 P_{u\text{tarik}} = 0,1 \times 1987,54 \text{ kN} = 198,7 \text{ kN}$$

Dengan menggunakan SPColumn dengan memasukkan beban

$$P = 198,7 \text{ kN}$$

$$M = 973,4 \text{ kNm}$$

Sehingga didapatkan diagram interaksi seperti pada **Gambar 4.44** berikut ini :



**Gambar 4.44** Diagram Interaksi P-M Balok Sloof

Dari Spcolumn didapatkan :

$$F_c' = 40 \text{ MPa}$$

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

Didapatkan  $\rho = 2,33 \%$

Dipasang tulangan 20D25 ( $A_s = 10193,5 \text{ mm}^2$ )

- **Penulangan Geser Sloof**

$$V_u = \frac{1}{2} \times qu \times l = \frac{1}{2} \times 10288 \times 8,7 = 447528 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{324057,6}{0,9} = 497253 \text{ N}$$

Dipakai tulangan geser  $\phi 13 \text{ mm}$  ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 420 \times 534,5}{497253,3} = 119,8 \text{ mm}$$



Maka dipasang sengkang 2D13-100 mm

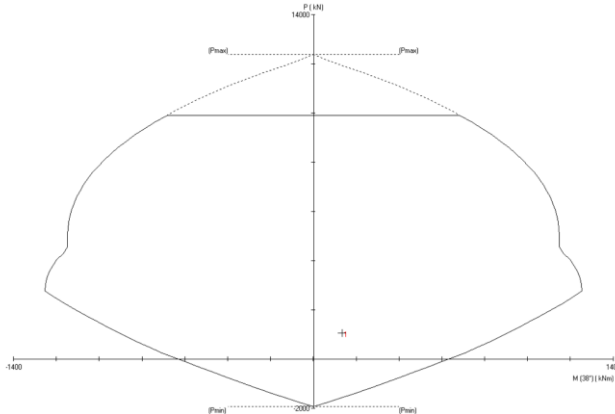
#### 4.7.7 Penulangan Tusuk Konde

Didapatkan gaya pada tiang pancang adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.39** Gaya pada Tiang Pancang

Gaya Pada Tiang Pancang		
Aksial	962,4	kN
Momen	128,5	kNm

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang tiang pancang dengan menggunakan program bantu SpColumn, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan moemn pada kolom, yaitu sebagai berikut :



**Gambar 4.45** Diagram interaksi tiang pancang

Berdasarkan beban pada **tabel 4.39** maka tiang pancang memerlukan tulangan memanjang sebanyak 10D25 dengan  $\rho = 1,014\%$  seperti pada hasil perhitungan spColumn. Dari hasil

analisis tiang pancang menggunakan program bantu spColumn, didapatkan hasil analisa sebagai berikut :

- Rasio tulangan longitudinal = 1,014%
- As 10D25 = 5096,76 mm<sup>2</sup>
- Ix = 2,01 x 10<sup>10</sup> mm<sup>4</sup>
- Iy = 2,01 x 10<sup>10</sup> mm<sup>4</sup>
- Ag = 502655 mm<sup>2</sup>

Digunakan db = 13 mm untuk tulangan geser, As = 132,73 mm<sup>2</sup>

$$H_u = 198,75 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{H_u}{n} = \frac{198750}{9} = 22083,33 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,75 \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times 502655 \\ &= 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 502655 \\ &= 405331,3 \text{ N} > 22083,33 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan minimum D13 dengan S minimum dari

- a)  $d/4 = 800/4 = 200 \text{ mm}$
- b)  $6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai tulangan D13-150 mm

#### 4.7.8. Perencanaan Pit Lift

Pit lift digunakan sebagai tempat untuk *maintenance* lift. Berdasarkan pada brosur dari SIGMA Elevator Company, akan direncanakan pit pada lift memiliki kedalaman sebesar 1,4 m.

**Tabel 4.40** Spesifikasi Lift

Applicati on Regulati on	Spee d (m/s )	Load (kg)	Travel (mm)	OverHe ad (mm)	Pit Dept h (mm )
Standard / EN	1	450 - 1000	Travel < 100	4200	1400
		1350	Travel < 100	4300	
		1150/16 00	Travel < 80	4300	
			80 < travel < 100	4650	
	1,5	450 - 1000	Travel < 100	4400	1450
		1350	Travel < 100	4400	
		1150/16 00	Travel < 80	4400	
			80 < travel < 100	4750	
	1,75	450 - 1000	Travel < 100	4500	1600
		1350	Travel < 100	4500	
		1150/16 00	Travel < 80	4500	
			80 < travel < 100	4850	

## **4.8 Metode Pelaksanaan Konstruksi**

### **4.8.1 Umum**

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan pertimbangan penting yang tidak bisa dipisahkan. Apalagi menyangkut struktur beton pracetak. Untuk merencanakan beton pracetak, terlebih dahulu harus diketahui apakah struktur tersebut bisa dilaksanakan. Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item – item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material material beton pracetak, proses pekerjaan yang dilakukan di proyek ini adalah :

Proses pencetakan secara pabrikasi di industri pracetak. Hal - hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah :

- a. Perlunya standar khusus sehingga hasil parcetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
- c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik

#### **4.8.1.1 Pengangkatan dan Penempatan Crane**

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik titik angkat pada elemen pracetak.

Hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada sub bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini akan memakai peralatan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak. Maka, akan digunakan Tower Crane tipe XGTT 125C dengan panjang lengan 69 meter dan mampu mengangkat berat maksimal sebesar 15 ton.

#### **4.8.1.2 Pekerjaan Elemen Kolom**

Setelah dilakukan pemancangan, pembuatan poer dan sloof, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pendimensian poer. Tulangan kolom bersamaan dengan tulangan konsol yang telah disiapkan dicor sampai batas yang sudah ditentukan. Dalam hal ini sampai ketinggian permukaan bawah balok induk yang menumpang pada kolom

#### **4.8.1.3 Pekerjaan Elemen Balok Induk**

Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan *crane* dan skafolding untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulangan penyaluran pada balok. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran

#### **4.8.1.4 Pemasangan Elemen Balok Anak**

Pemasangan balok anak pracetak di bagian tengah balok induk. Konsol tempat bertumpunya balok anak juga terbuat dari beton pracetak dengan balok. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada balok induk maupun balok anak, maka dipasang tiga buah scaffolding dengan posisi satu di tengah dan dua di tepi.

#### **4.8.1.5 Pemasangan Elemen Pelat**

Pemasangan pelat pracetak diatas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas untuk pelat, balok anak dan balok induk dan dilakukan pemasangan tulangan penyaluran untuk pelat. Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat, balok anak dan balok induk.

Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Desain Ulang Struktur Gedung Office Tower Capital Square Surabaya Menggunakan Metode Beton Pracetak dan Sistem Ganda” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan berdasarkan SNI 2847:2013 dan RSNI 1726:201x. Didapatkan hasil perancangan sebagai berikut :

**Tabel 5.1** Dimensi Struktur Sekunder

Struktur Sekunder				
Elemen		Dimensi		
Pelat HCS		Tebal Pelat	15	Cm
Balok Anak	B3	Tinggi	65	Cm
		Lebar	45	Cm
		Panjang	10	M
	B4	Tinggi	45	Cm
		Lebar	30	Cm
		Panjang	6,5	M
Balok Lift		Tinggi	60	Cm
		Lebar	40	Cm
Tangga	Pelat Tangga	Tebal	35	Cm
	Pelat Bordes	Tebal	35	cm



**Tabel 5.2** Dimensi Struktur Primer

Struktur Primer				
Elemen		Dimensi		
Balok Induk	B1	Tinggi	85	cm
		Lebar	60	cm
		Panjang	10	m
	B2	Tinggi	85	cm
		Lebar	60	cm
		Panjang	6,5	m
Kolom	K1	Sisi 1	130	cm
		Sisi 2	130	cm
	K2	Sisi 1	100	cm
		Sisi 2	100	cm
Shearwall	SW1	Tebal	40	cm
	SW2	Tebal	40	cm
Basement Wall		Tebal	30	cm
Poer	K1	Tebal	1,4	m
		Ukuran	6 x 6	m
		Banyak pile	9	buah
	SW1	Tebal	1,4	m
		Ukuran	6 x 14	m
		Banyak pile	21	buah
	SW2	Tebal	1,4	m
		Ukuran	6 x 14	m
	Banyak pile	21	buah	
Tiang Pancang		Diameter	80	cm
		Kedalaman	16	m

2. Komponen pracetak disambung dengan menggunakan sambungan basah agar elemen pracetak dapat menjadi monolit. Sambungan bersifat monolit dan dalam analisisnya panjang penyaluran dihitung berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 dan analisa kekuatan gaya aksial maksimum yang dapat dipikul oleh sambungan dibandingkan dengan gaya aksial setelah tulangan mengalami leleh.
3. Pondasi direncanakan menggunakan produk tiang pancang dari WIKA Beton dengan mencari metode tegangan ijin dan direncanakan pile capnya (poer).
4. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada gedung *office tower* Capital Square Surabaya akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad.

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisis selama proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah diantaranya :

1. Perlu pengawasan dengan baik pada saat pelaksanaan sambungan antar elemen beton pracetak karena sambungan pada beton pracetak tidak semonolit seperti pada sambungan cor setempat.
2. Dalam pelaksanaan di lapangan terutama pada bagian pengangkatan elemen pracetak dan sambungan antar elemen harus diberi pengawasan yang baik dan benar. Dalam pengangkatan harus diperhatikan tinggi angkat dan sudut pengangkatan agar tidak terjadi kegagalan struktur akibat beban yang tak terduga saat pengangkatan.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut perihal pengembangan teknologi pracetak agar lebih efisien dalam penggunaannya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Jakarta: BSN, 2013.
- [2] Badan Standardisasi Nasional Indonesia, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)*. Jakarta: BSN, 2012.
- [3] A. C. I. Committee, *Building Code Requirements for Structural Concrete ( ACI 318M-11 )*. 2011.
- [4] B. M. Das, *PRINCIPLES OF GEOTECHNICAL ENGINEERING*, 7th editio. Stamford: CENGAGE Learning, 2010.
- [5] K. S. Elliott, *Precast concrete structures, second edition*, 2nd ed. Woburn: BUTTERWORTH HEINEMANN, 2002.
- [6] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, “PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG 1983.” Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1983.
- [7] K. S. Elliott and C. K. Jolly, *Multi-storey precast concrete framed stuctures*, 2nd ed. Chicester: WILEY Blackwell, 2013.
- [8] W. I. Ervianto, *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006.

- [9] PCI Industry Handbook Committee, *PCI DESIGN HANDBOOK 6th*, 6th ed. Chicago: PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE, 2004.



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Gedung Perkantoran Rencana  
Lantai 1

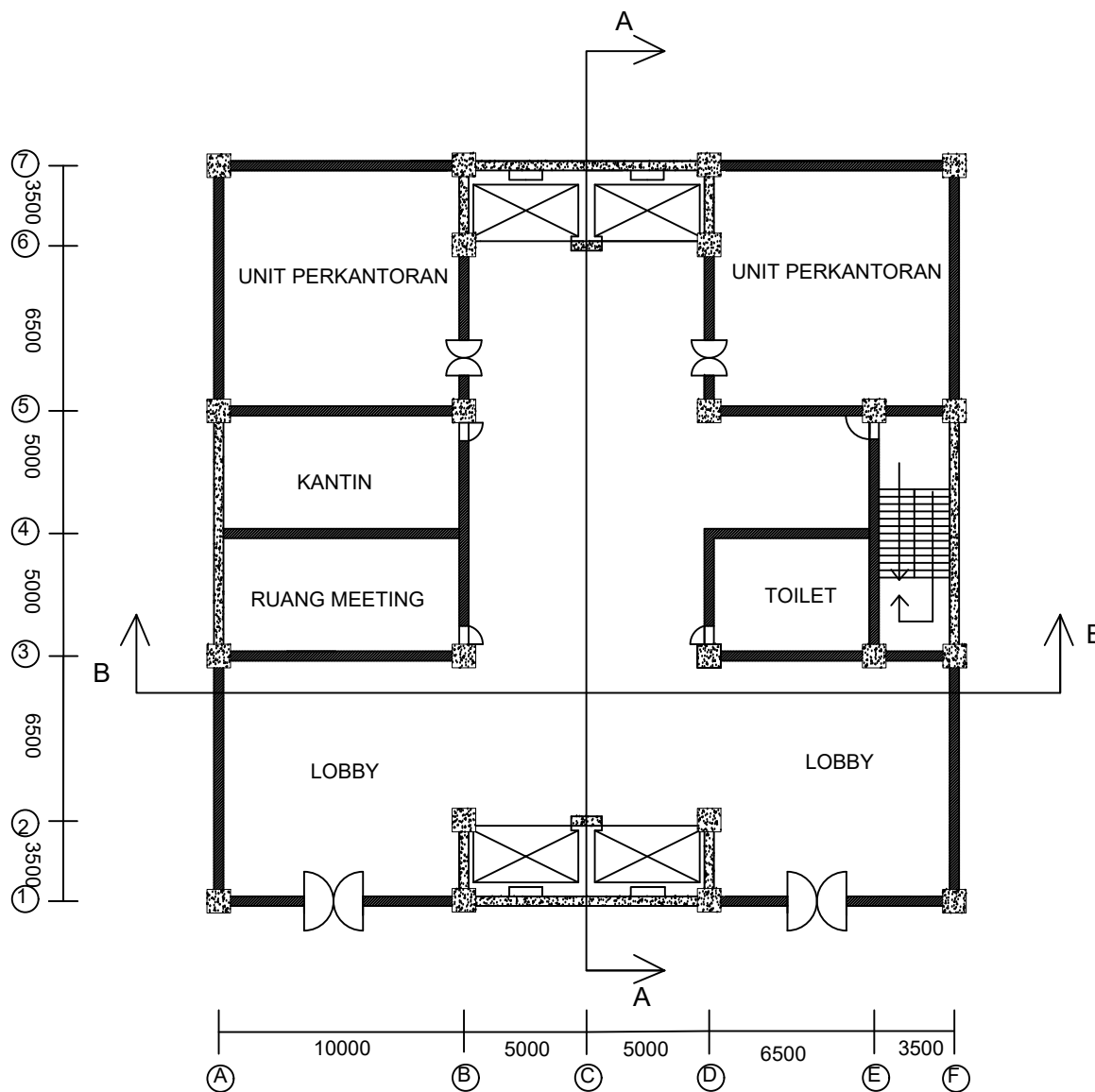
NOMOR

JUMLAH

1

32

CATATAN :



DENAH GEDUNG PERKANTORAN RENCANA LANTAI 1

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Gedung Perkantoran Rencana  
Lantai 2 - 16

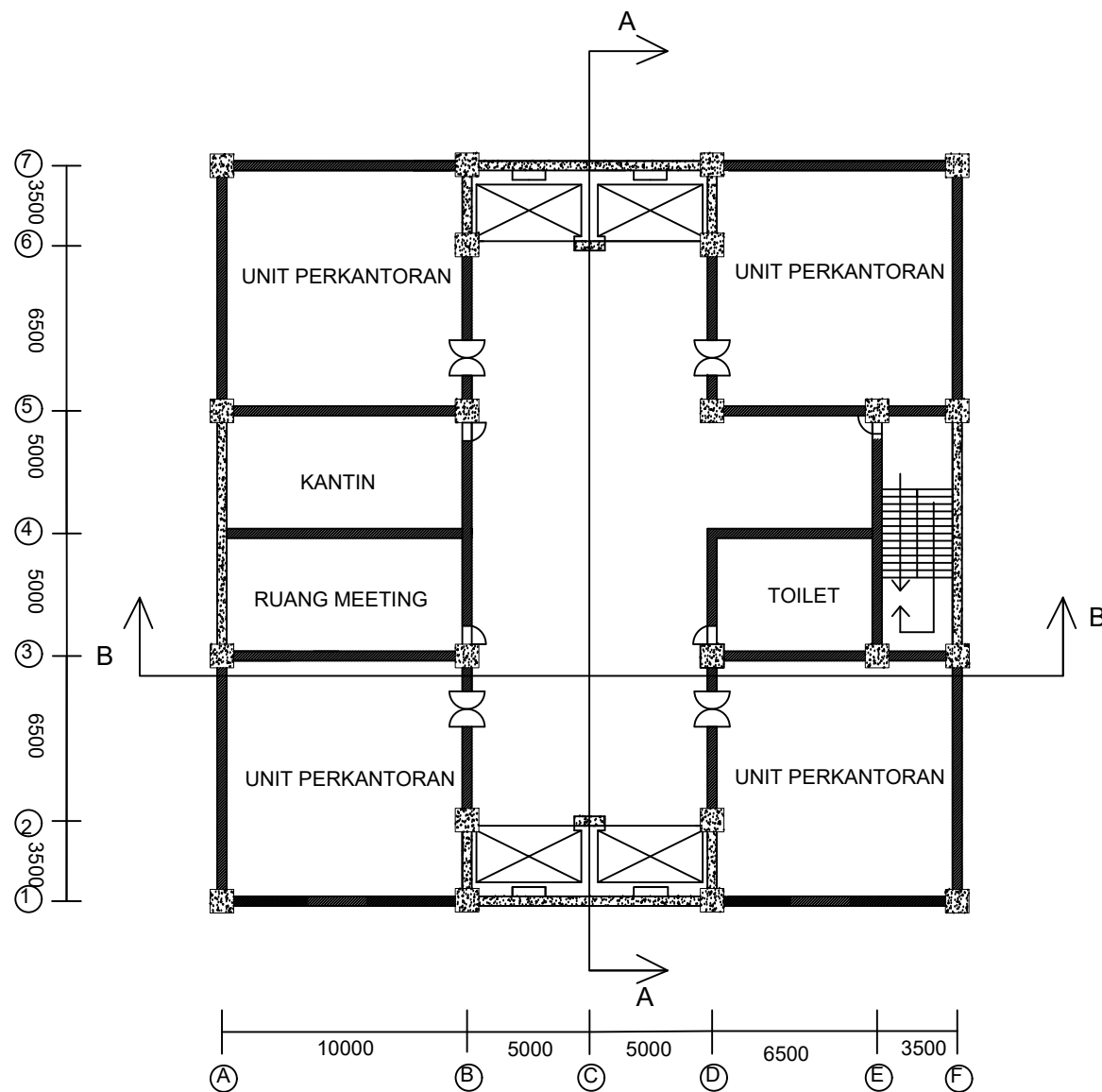
NOMOR

2

JUMLAH

32

CATATAN :



DENAH GEDUNG PERKANTORAN RENCANA LANTAI 2 - 16

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Potongan Gedung Rencana  
A-A

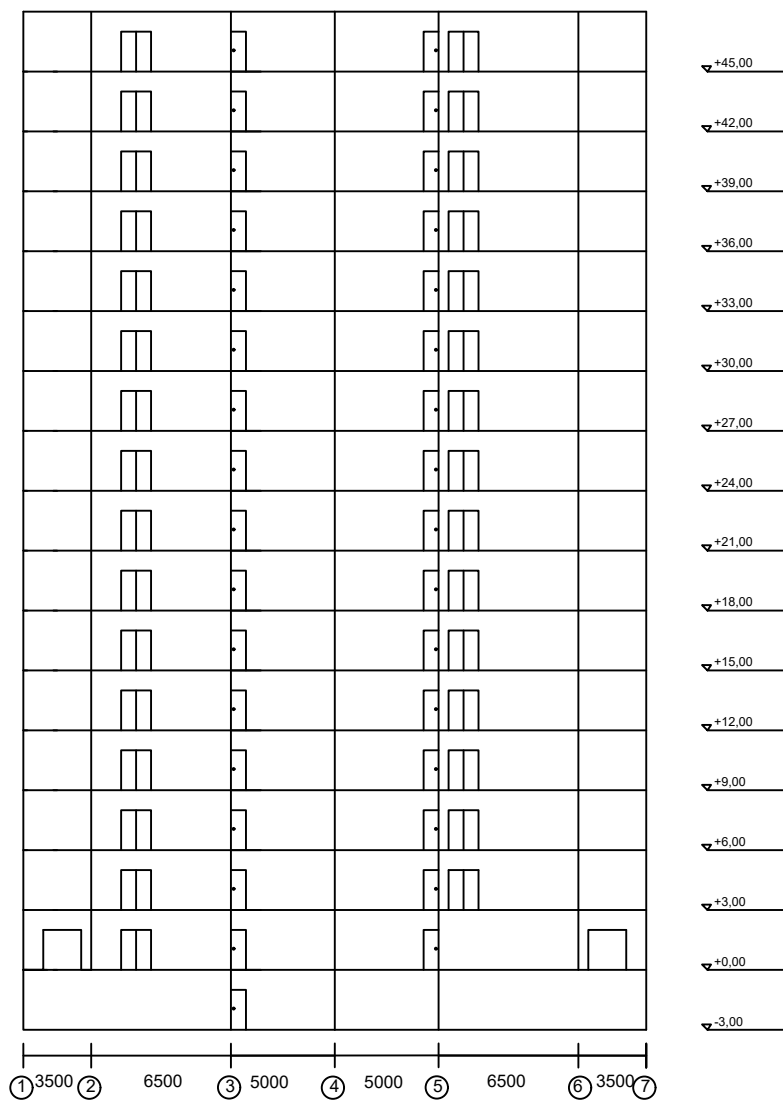
NOMOR

JUMLAH

3

32

CATATAN :



POTONGAN GEDUNG RENCANA A-A

SKALA 1:300





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Potongan Gedung Rencana  
B-B

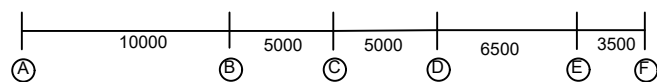
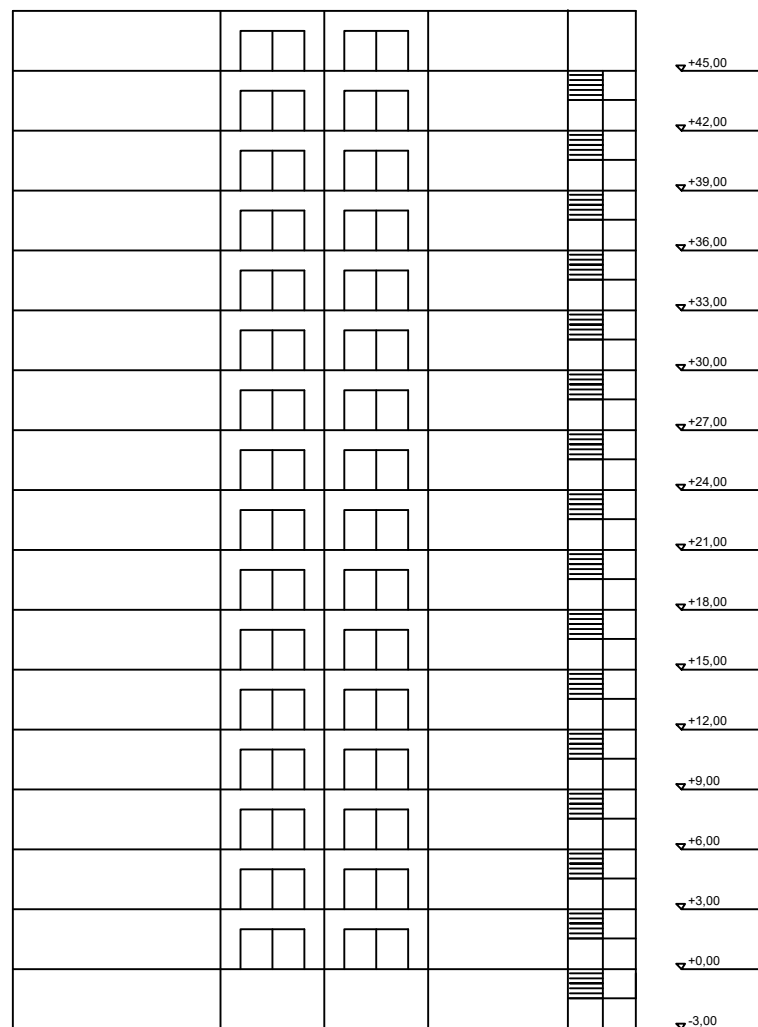
NOMOR

4

JUMLAH

32

CATATAN :



POTONGAN GEDUNG RENCANA B-B

SKALA 1:300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Pembalokan Gedung  
Perkantoran Rencana  
LANTAI 1, 3-16

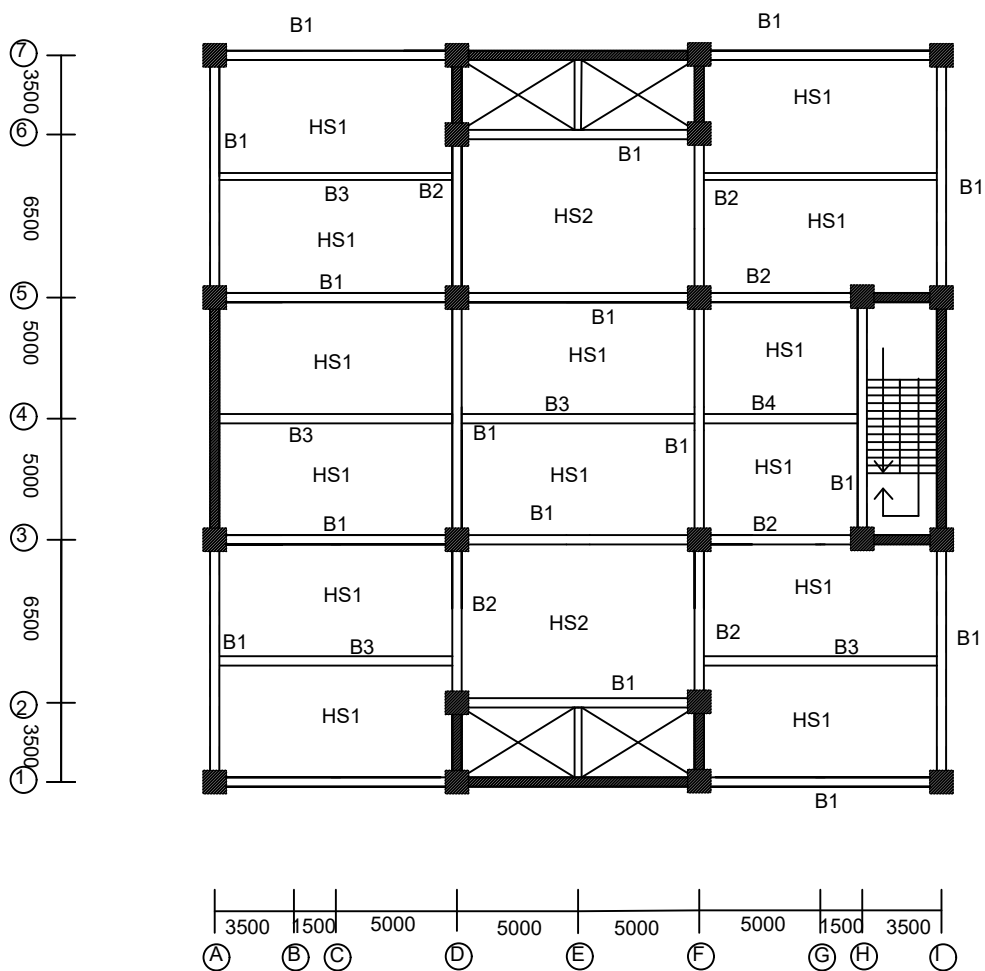
NOMOR

5

JUMLAH

32

CATATAN :



DENAH PEMBALOKAN GEDUNG PERKANTORAN RENCANA LANTAI 1-16

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Balok Induk

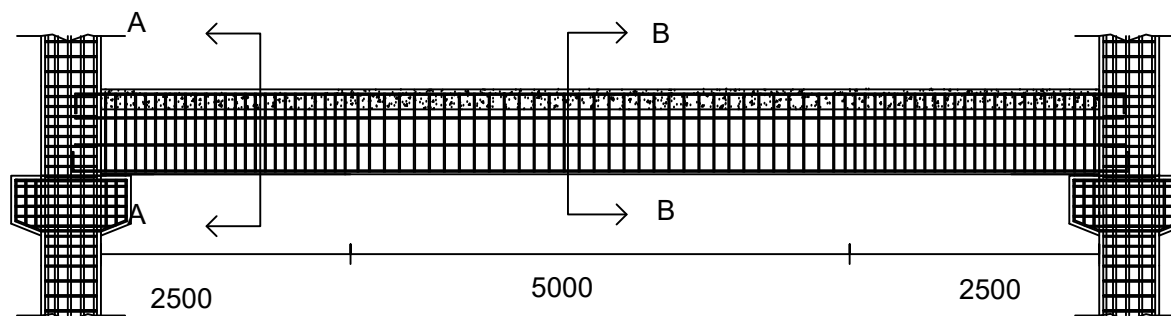
NOMOR

JUMLAH

6

32

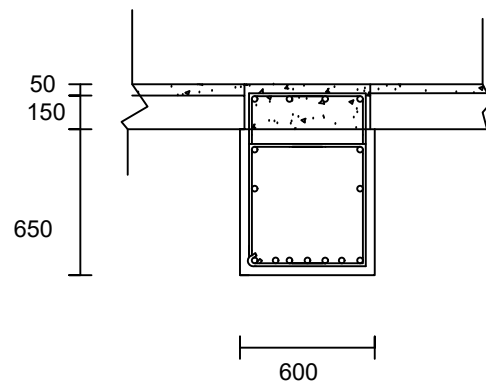
CATATAN :



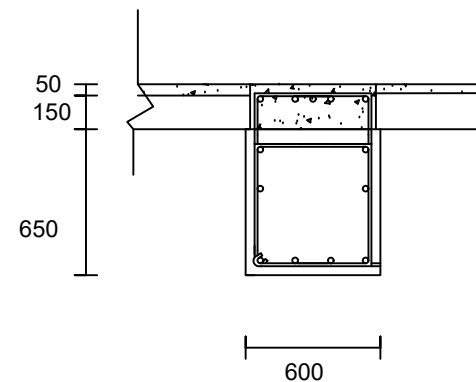
DETAILING BALOK INDUK B1

SKALA 1:150

POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



PENAMPANG	600 mm x 850 mm	PENAMPANG	600 mm x 850 mm
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm
TULANGAN ATAS	4D25	TULANGAN ATAS	5D25
TULANGAN TENGAH	4D25	TULANGAN TENGAH	4D25
TULANGAN BAWAH	7D25	TULANGAN BAWAH	4D25
SENGKANG	2D13 - 125 mm	SENGKANG	2D13 - 150 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Balok Induk B2

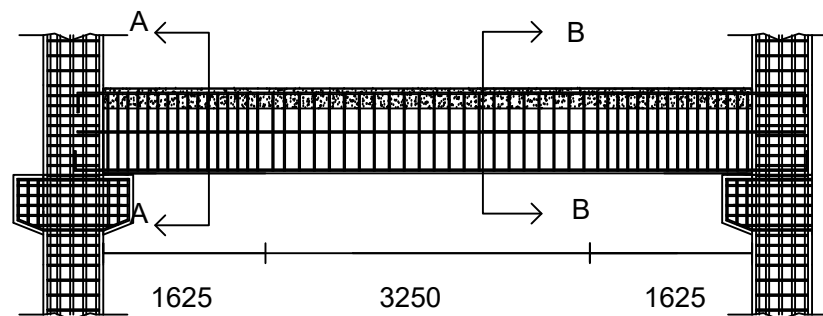
NOMOR

JUMLAH

7

32

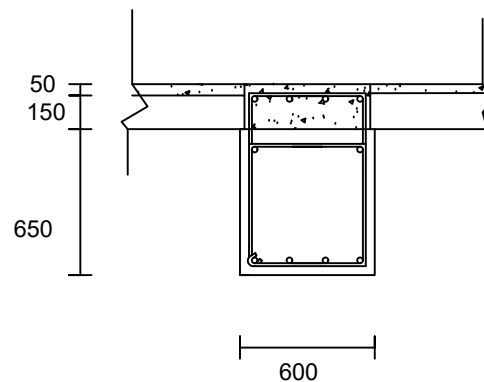
CATATAN :



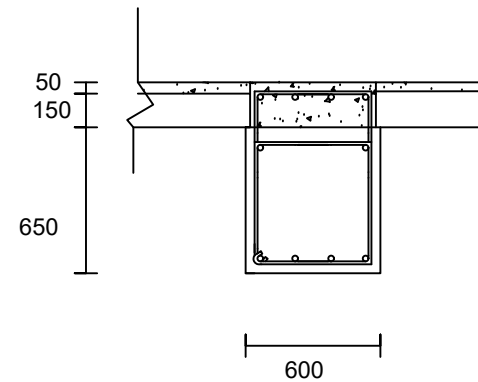
DETAILING BALOK INDUK B2

SKALA 1:150

POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



POTONGAN A-A		POTONGAN B-B	
PENAMPANG	600 mm x 850 mm	PENAMPANG	600 mm x 850 mm
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm
TULANGAN ATAS	4D25	TULANGAN ATAS	4D25
TULANGAN TENGAH	2D25	TULANGAN TENGAH	2D25
TULANGAN BAWAH	4D25	TULANGAN BAWAH	4D25
SENGKANG	2D13 - 150 mm	SENGKANG	2D13 - 200 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Balok Anak

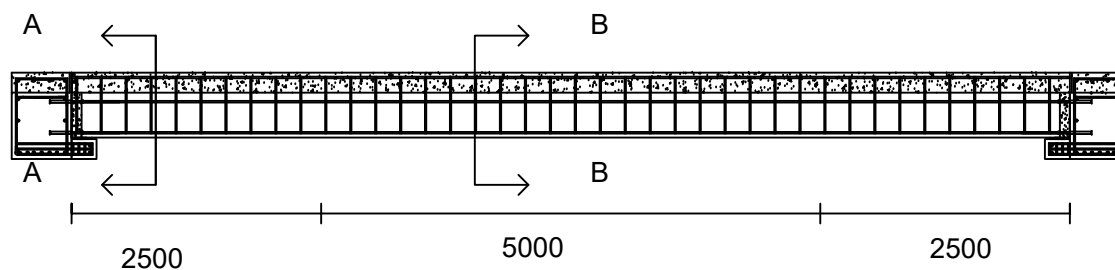
NOMOR

JUMLAH

8

32

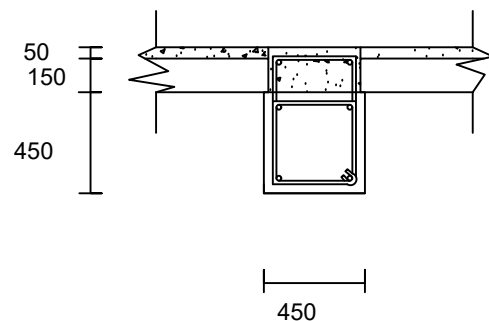
CATATAN :



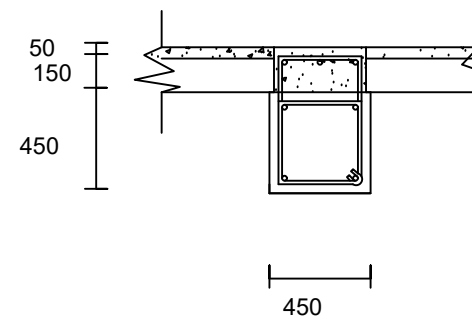
DETAILING BALOK ANAK B3

SKALA 1:150

POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



POTONGAN A-A		POTONGAN B-B	
PENAMPANG	450 mm x 650 mm	PENAMPANG	450 mm x 650 mm
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm
TULANGAN ATAS	2D25	TULANGAN ATAS	3D25
TULANGAN TENGAH	2D25	TULANGAN TENGAH	2D25
TULANGAN BAWAH	2D25	TULANGAN BAWAH	2D25
SENGKANG	D10 - 250 mm	SENGKANG	D10 - 250 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Balok Anak B4

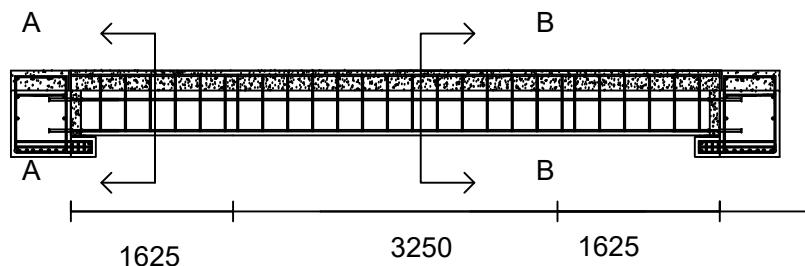
NOMOR

JUMLAH

9

32

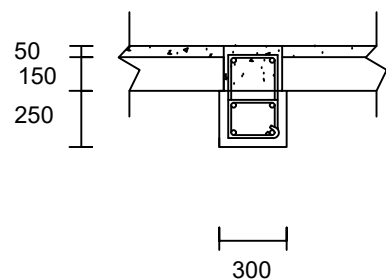
CATATAN :



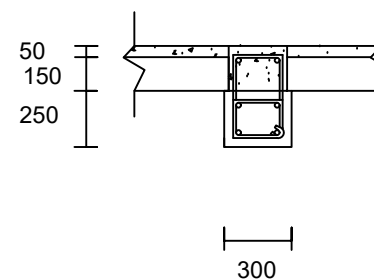
DETAILING BALOK ANAK B4

SKALA 1:150

POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



PENAMPANG		PENAMPANG	
	300 mm x 450 mm		300 mm x 450 mm
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm
TULANGAN ATAS	2D25	TULANGAN ATAS	2D25
TULANGAN TENGAH	2D25	TULANGAN TENGAH	2D25
TULANGAN BAWAH	2D25	TULANGAN BAWAH	2D25
SENGKANG	D10 - 150 mm	SENGKANG	D10 - 150 mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Titik Pengangkatan Balok

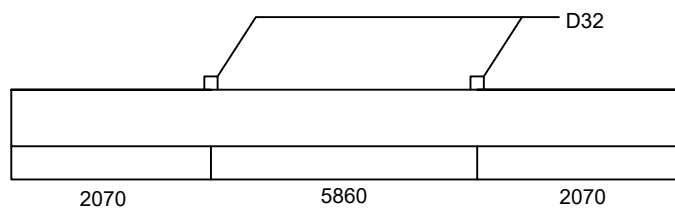
NOMOR

JUMLAH

10

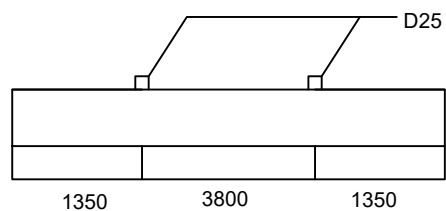
32

CATATAN :



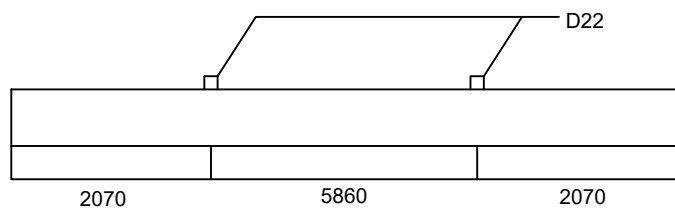
TITIK PENGANGKATAN BALOK INDUK B1

SKALA 1:100



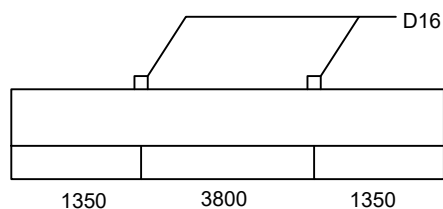
TITIK PENGANGKATAN BALOK INDUK B2

SKALA 1:100



TITIK PENGANGKATAN BALOK ANAK B3

SKALA 1:100



TITIK PENGANGKATAN BALOK ANAK B4

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Titik Angkat Pelat

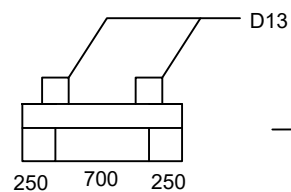
NOMOR

JUMLAH

11

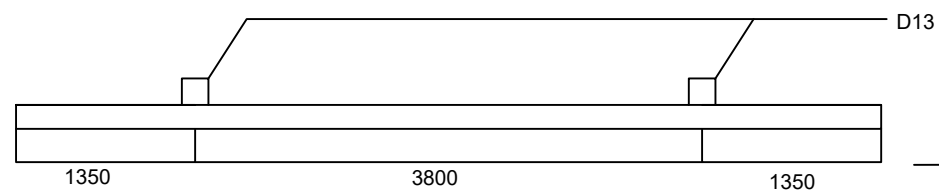
32

CATATAN :



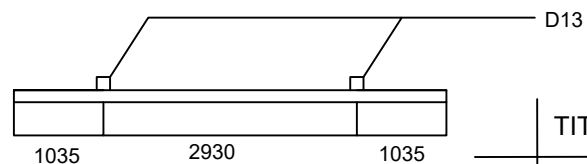
TITIK PENGANGKATAN PELAT LEBAR 1,2 METER

SKALA 1:50



TITIK PENGANGKATAN PELAT PANJANG 6,5 METER

SKALA 1:50



TITIK PENGANGKATAN PELAT PANJANG 5 METER

SKALA 1:50





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Kolom Basement

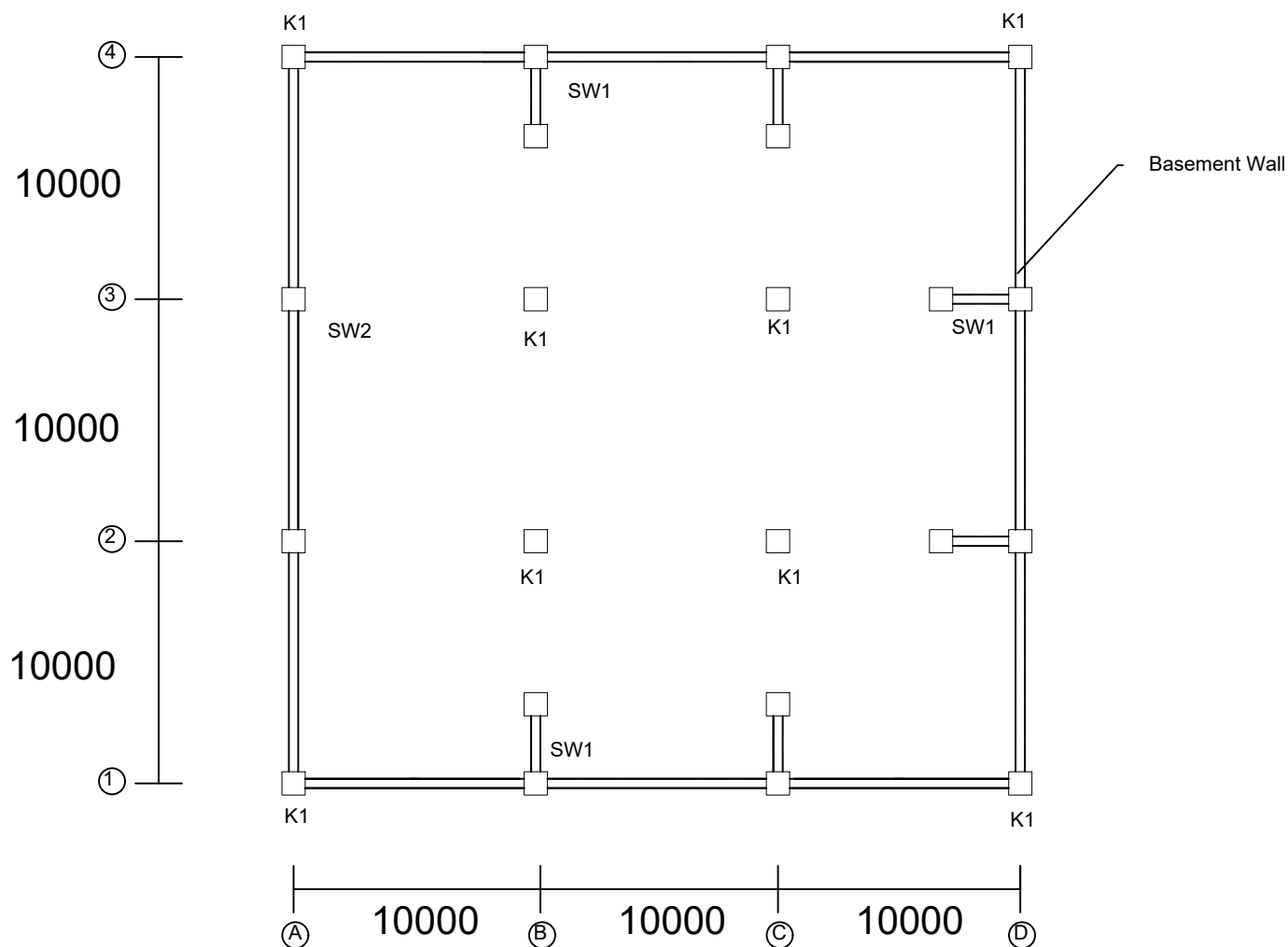
NOMOR

12

JUMLAH

32

CATATAN :



DENAH KOLOM BASEMENT

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Kolom Lantai 1-8

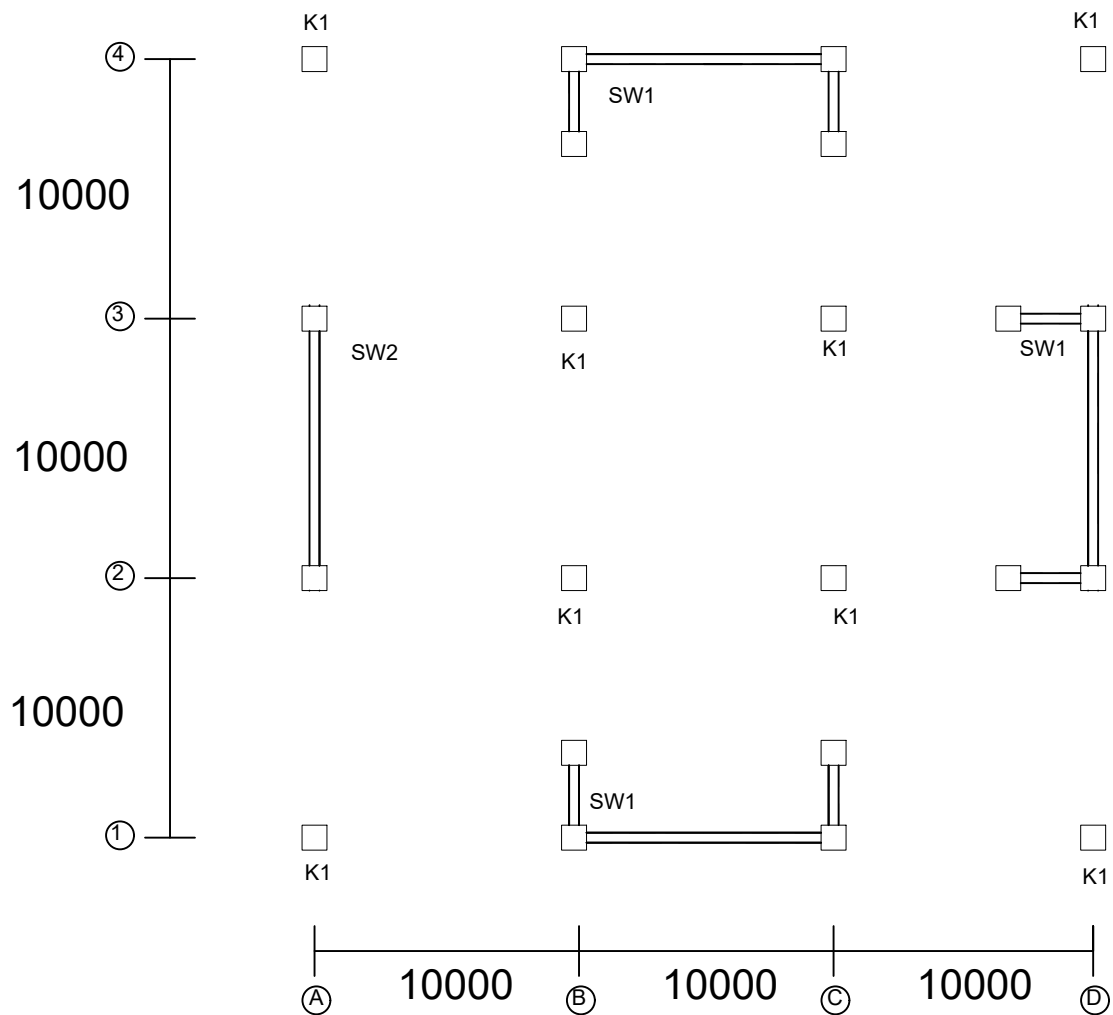
NOMOR

13

JUMLAH

32

CATATAN :



DENAH KOLOM LANTAI 1-8

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Kolom Lantai 9-16

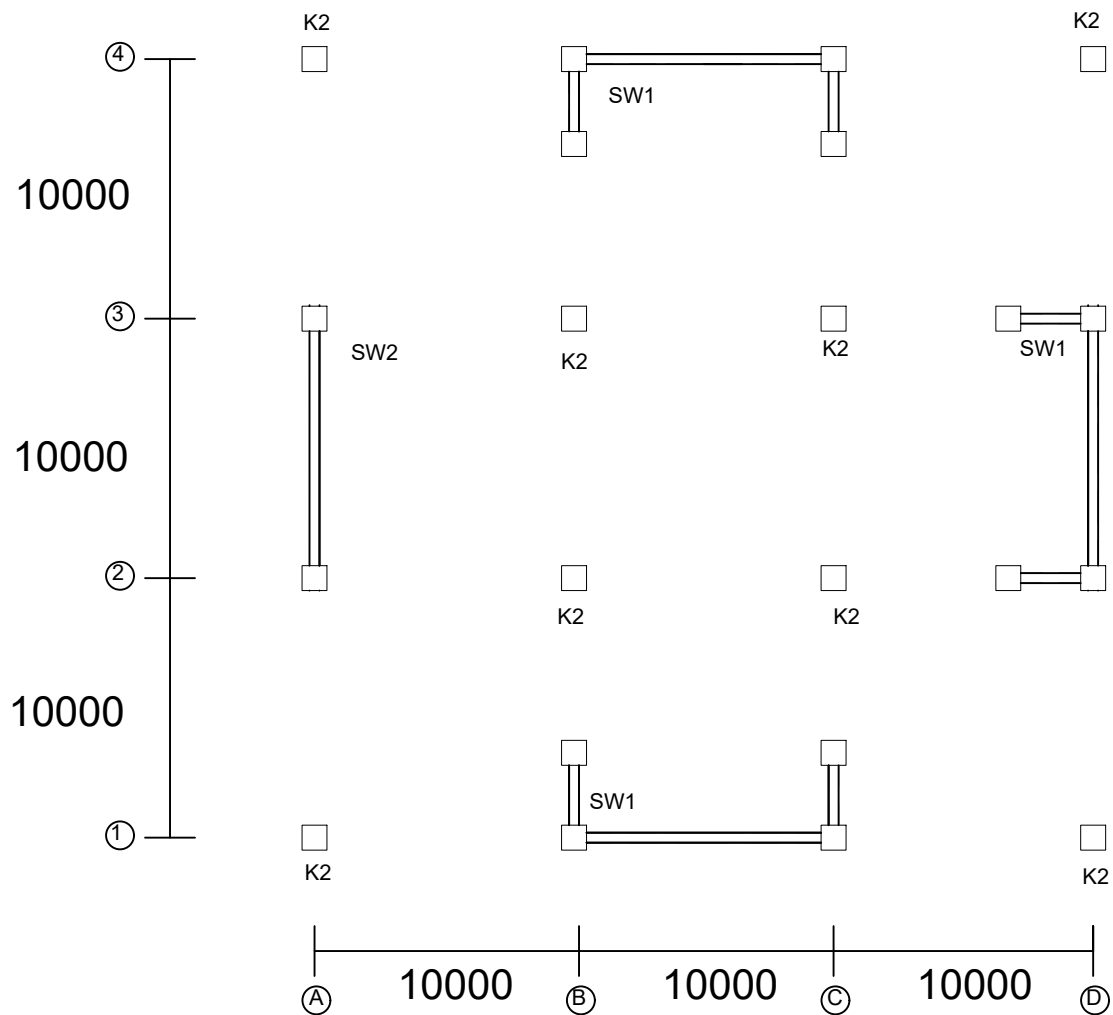
NOMOR

14

JUMLAH

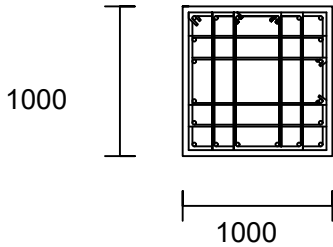
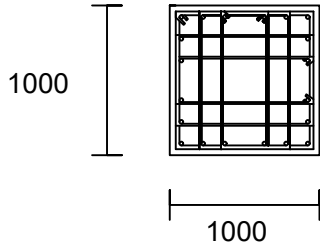

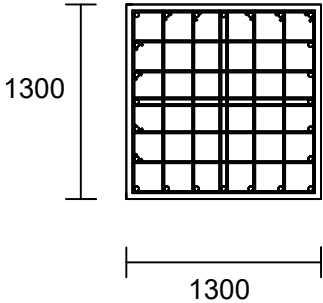
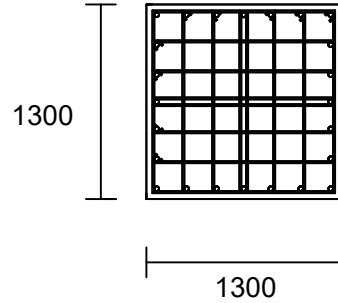
32

CATATAN :



DENAH KOLOM Lantai 9-16

SKALA 1:200

<p>Area Sendi plastis kolom K2</p> 		<p>Area Diluar Sendi plastis kolom K2</p> 		 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS	
				JUDUL	
				DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG OFFICE TOWER CAPITAL SQUARE SURABAYA	
PENAMPANG	1000 mm x 1000 mm	PENAMPANG	1000 mm x 1000 mm	DOSEN KONSULTASI	
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm	BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD	
TULANGAN	20D25	TULANGAN	20D25	MAHASISWA	
SENGKANG	6D13 - 100 mm	SENGKANG	6D13 - 150 mm	MUHAMMAD TAUFIK 03111540000128	
<p>Area Sendi plastis kolom K1</p> 		<p>Area Diluar Sendi plastis kolom K1</p> 		GAMBAR	
				Detailing Kolom	
PENAMPANG	1300 mm x 1300 mm	PENAMPANG	1300 mm x 1300 mm	NOMOR	JUMLAH
DECKING	40 mm	DECKING	40 mm	15	32
TULANGAN	24D32	TULANGAN	24D32	CATATAN :	
SENGKANG	8D13 - 100 mm	SENGKANG	8D13 - 150 mm		



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Area Sendi Plastis Kolom

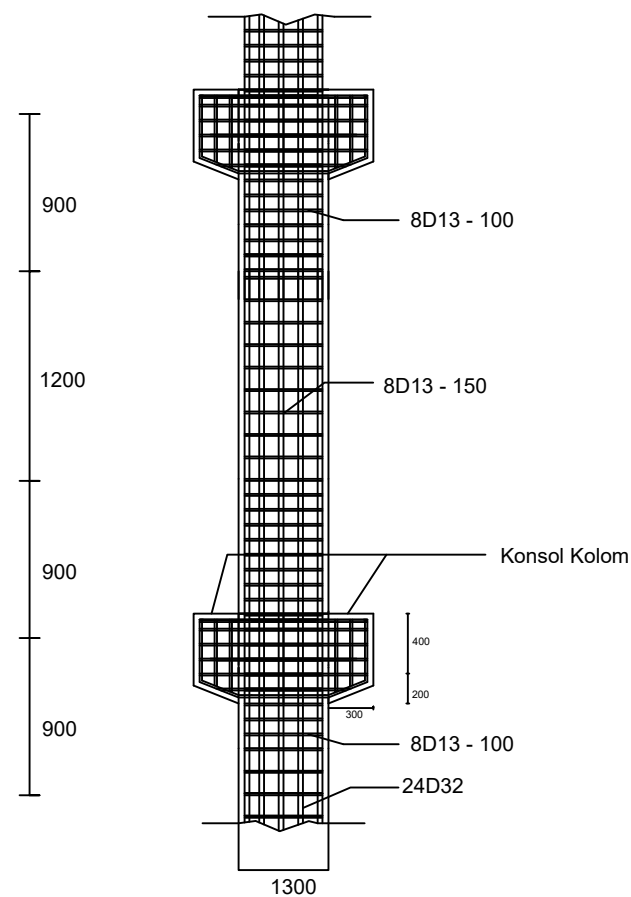
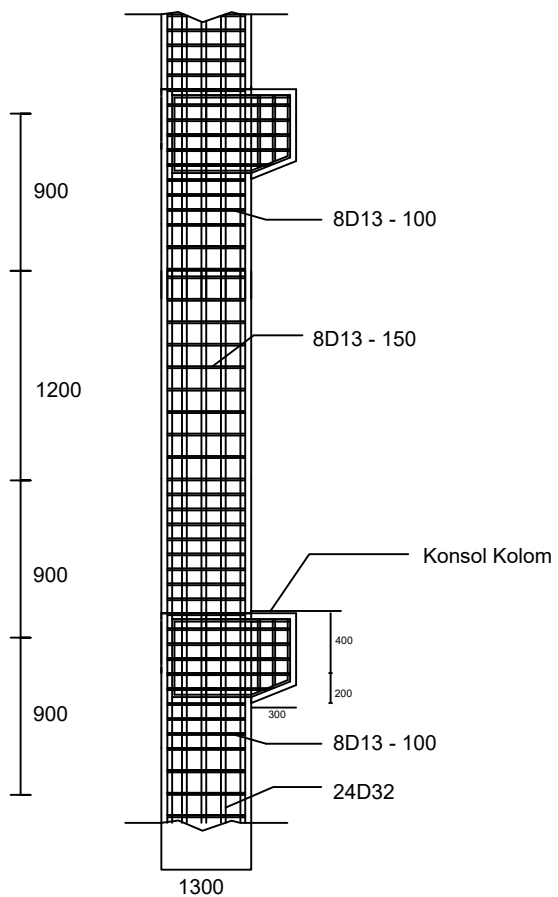
NOMOR

16

JUMLAH

32

CATATAN :



AREA SENDI PLASTIS KOLOM

SKALA 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Shearwall

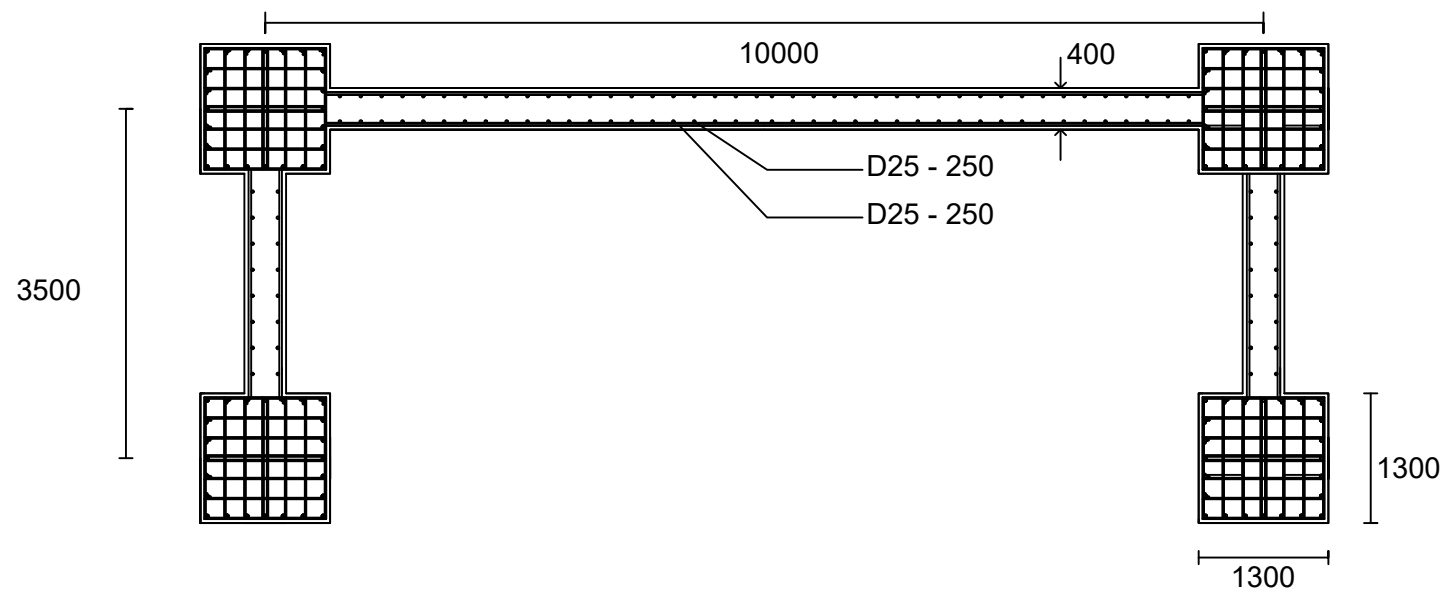
NOMOR

JUMLAH

17

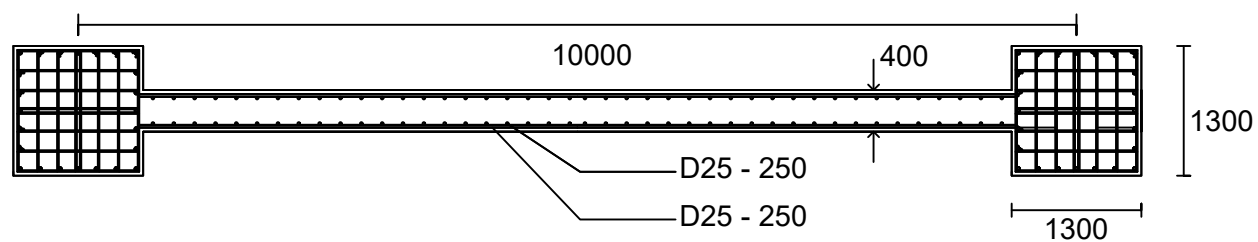
32

CATATAN :



DETAIL SHEARWALL SW1

SKALA 1:150



DETAIL SHEARWALL SW2

SKALA 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Sambungan Balok Induk  
Dengan Kolom

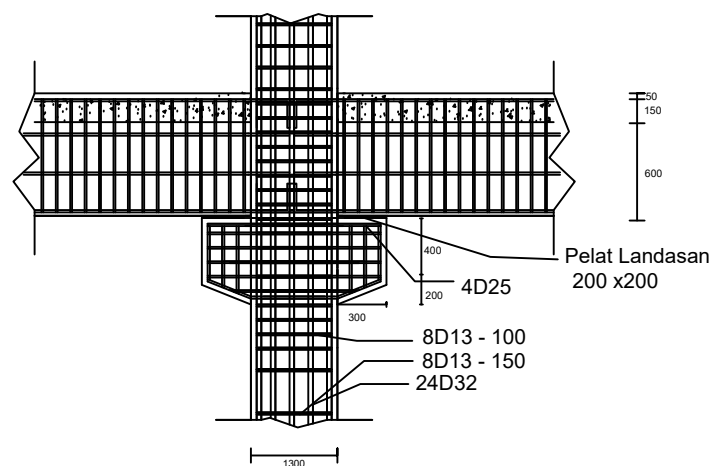
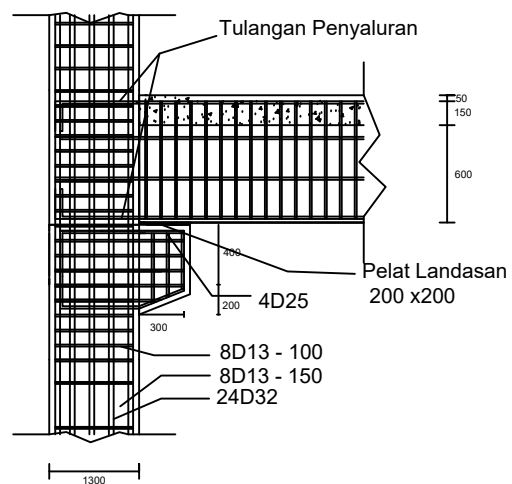
NOMOR

JUMLAH

18

32

CATATAN :



DETAILING SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM

SKALA 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Sambungan Balok Induk  
Dengan Balok Anak

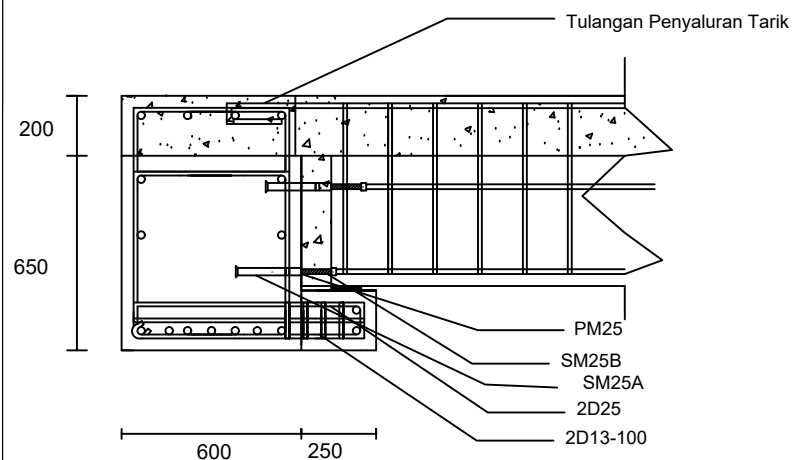
NOMOR

JUMLAH

19

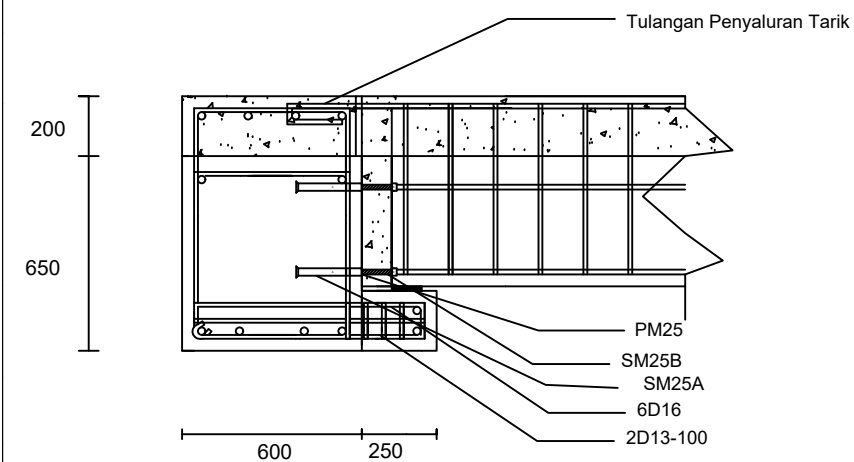
32

CATATAN :



DETAILING SAMBUNGAN B1 dan B3

SKALA 1:20



DETAILING SAMBUNGAN B2 dan B3

SKALA 1:20





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Sambungan Balok Induk  
dengan Balok Anak

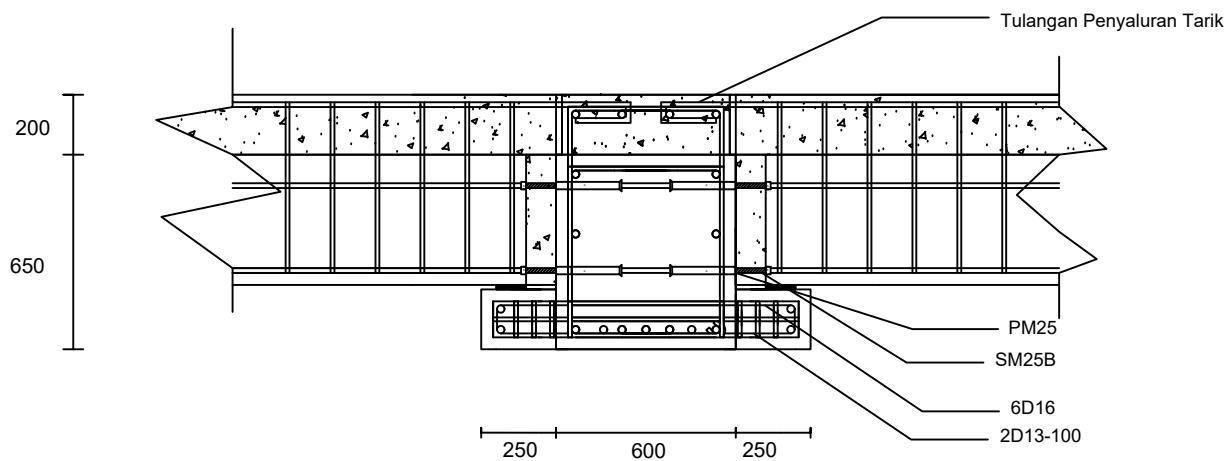
NOMOR

JUMLAH

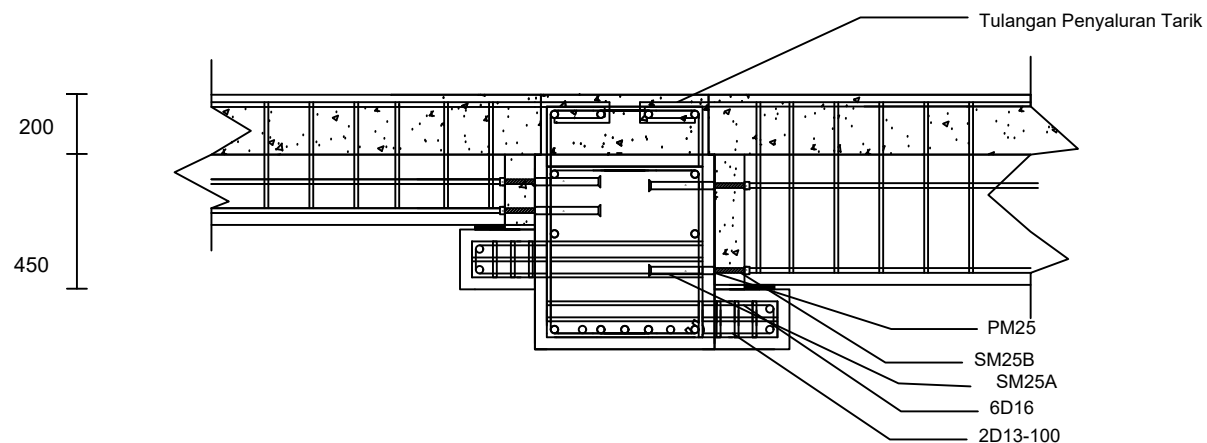
20

32

CATATAN :



DETAILING SAMBUNGAN B1 dan B3  
SKALA 1:20



DETAILING SAMBUNGAN B1, B3 dan B4  
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Sambungan Balok Induk  
dengan Balok Anak

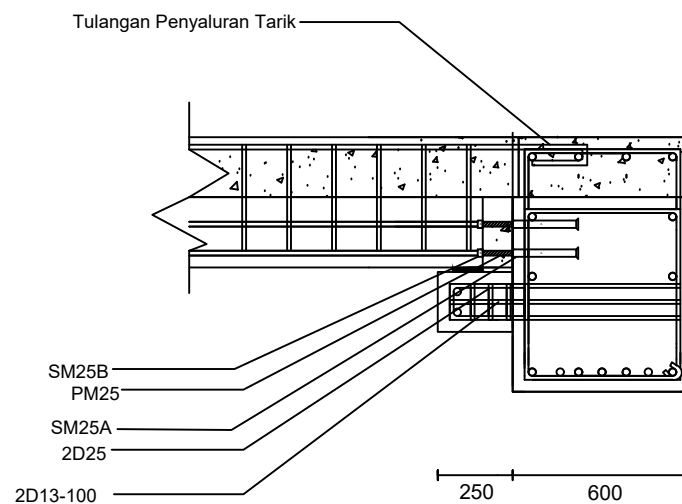
NOMOR

JUMLAH

21

32

CATATAN :



DETAILING SAMBUNGAN B1 dan B4

SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Potongan Tangga

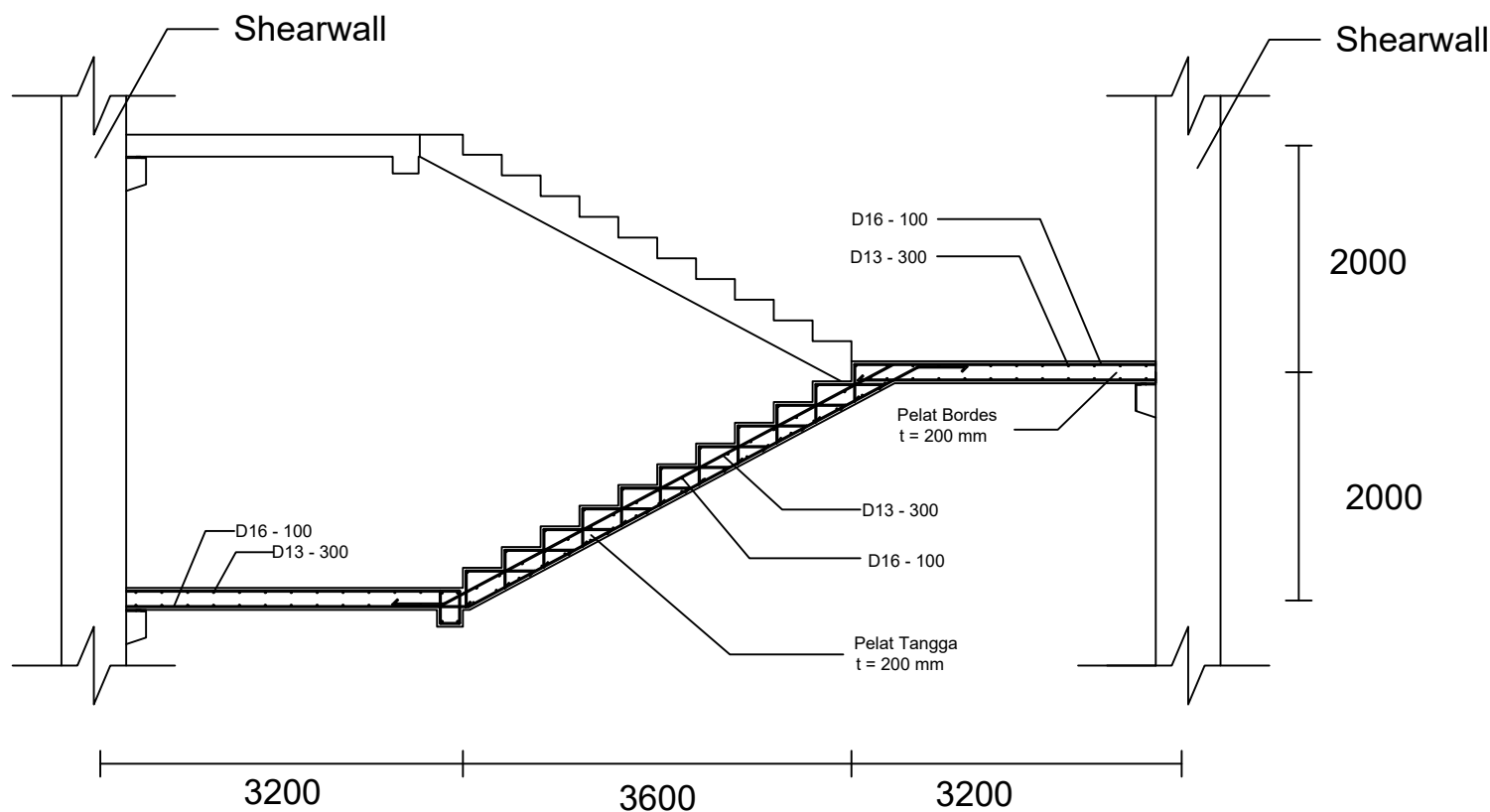
NOMOR

22

JUMLAH

32

CATATAN :



POTONGAN TANGGA

SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Basement

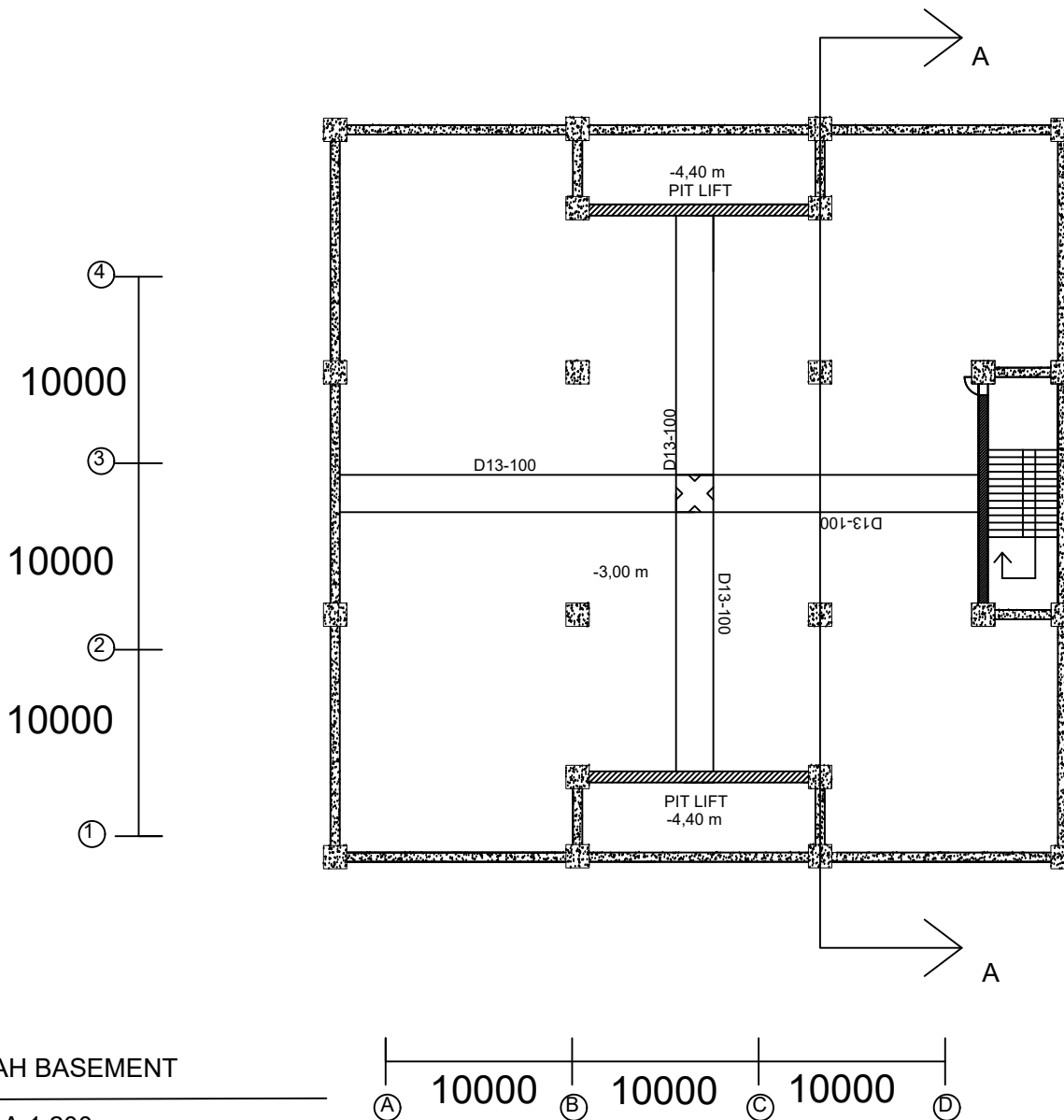
NOMOR

23

JUMLAH

32

CATATAN :



DENAH BASEMENT

SKALA 1:200

(A) 10000 (B) 10000 (C) 10000 (D)



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Pondasi -3,00 meter

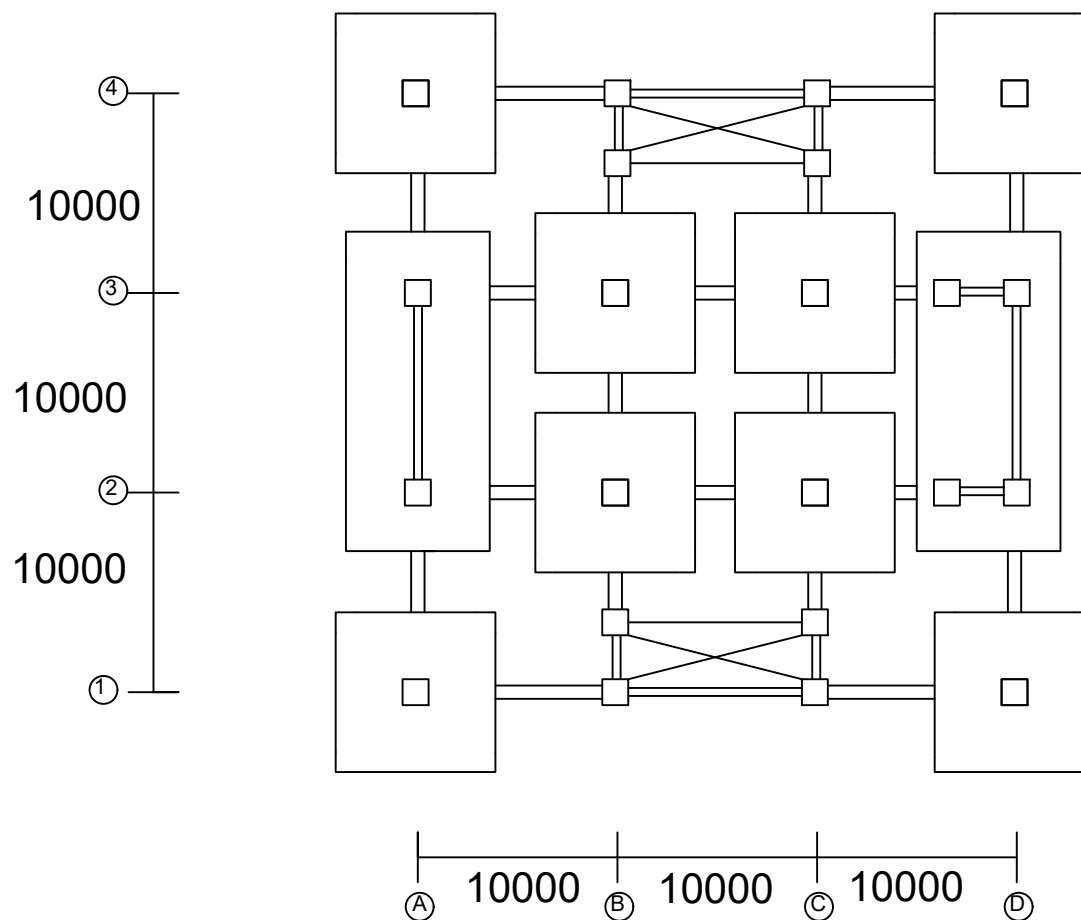
NOMOR

24

JUMLAH

32

CATATAN :



DENAH PONDASI - 3,00 METER

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

D25-100

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Denah Pondasi

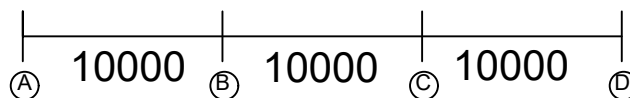
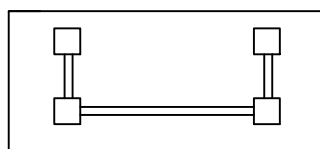
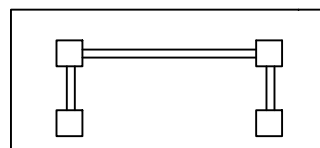
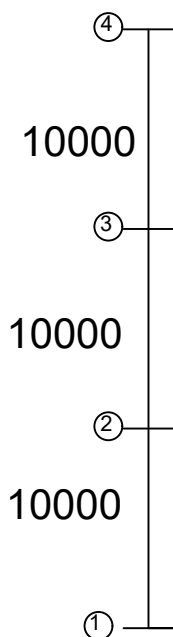
NOMOR

JUMLAH

25

32

CATATAN :



DENAH PONDASI -4,40 METER

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

POTONGAN BASEMENT

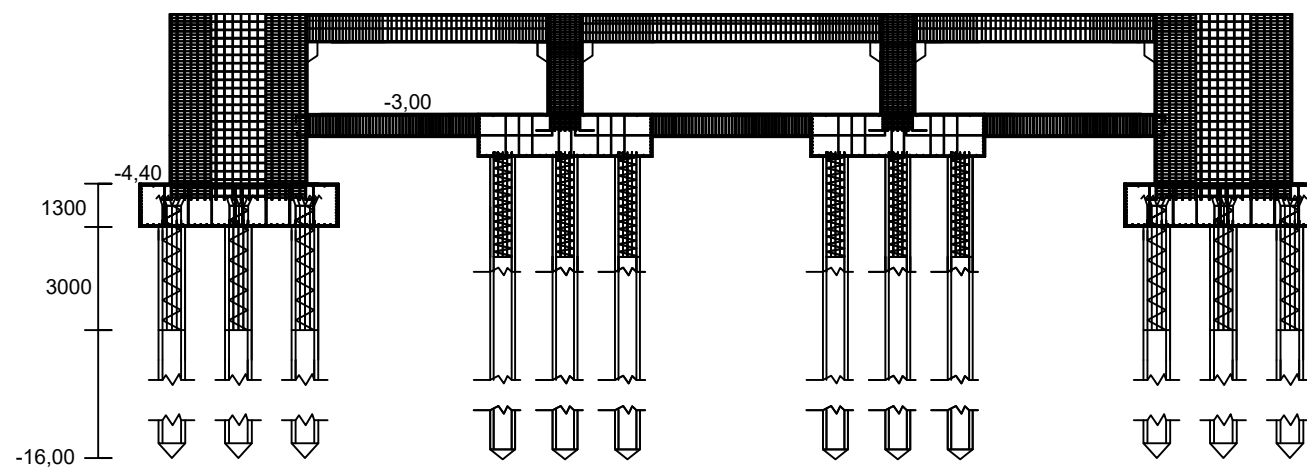
NOMOR

JUMLAH

26

32

CATATAN :



POTONGAN A-A BASEMENT

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Balok Sloof

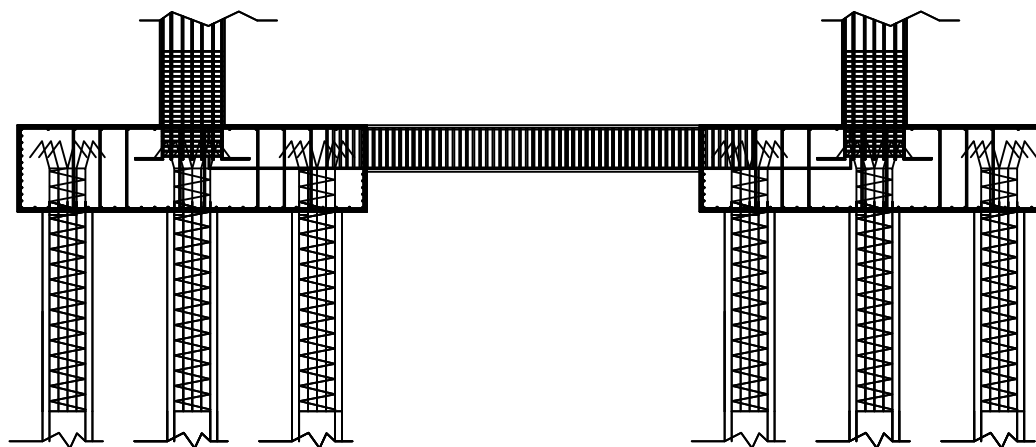
NOMOR

JUMLAH

27

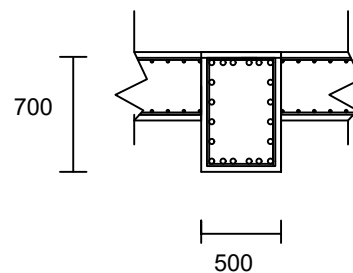
32

CATATAN :



DETAILING BALOK SLOOF

SKALA 1:150



PENAMPANG	500 mm x 700 mm
DECKING	40 mm
TULANGAN ATAS	6D25
TULANGAN TENGAH	8D25
TULANGAN BAWAH	6D25
SENGKANG	D13 - 100





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Pile Cap Kolom

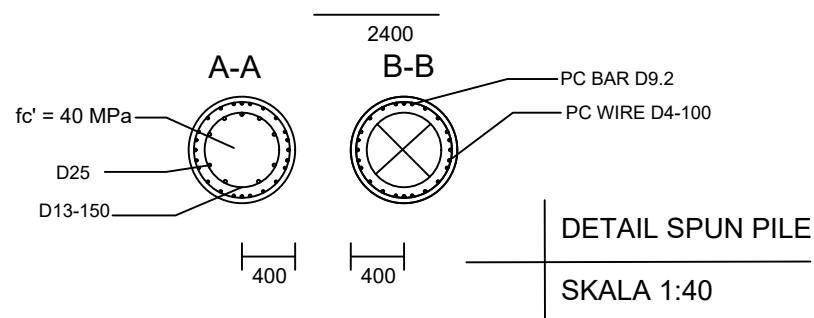
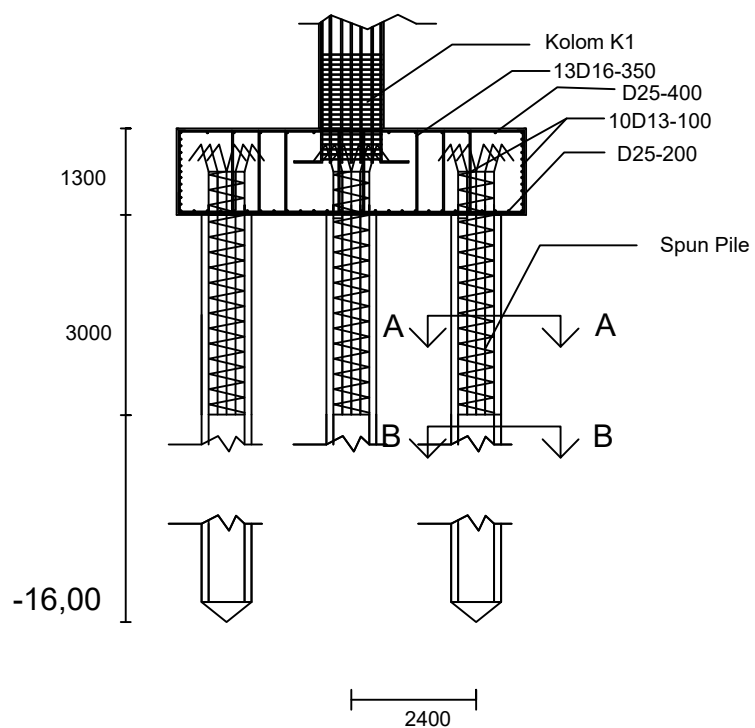
NOMOR

JUMLAH

28

32

CATATAN :



DETAILING PILECAP KOLOM

SKALA 1:100

DETAIL SPUN PILE

SKALA 1:40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Pile Cap Shearwall SW1

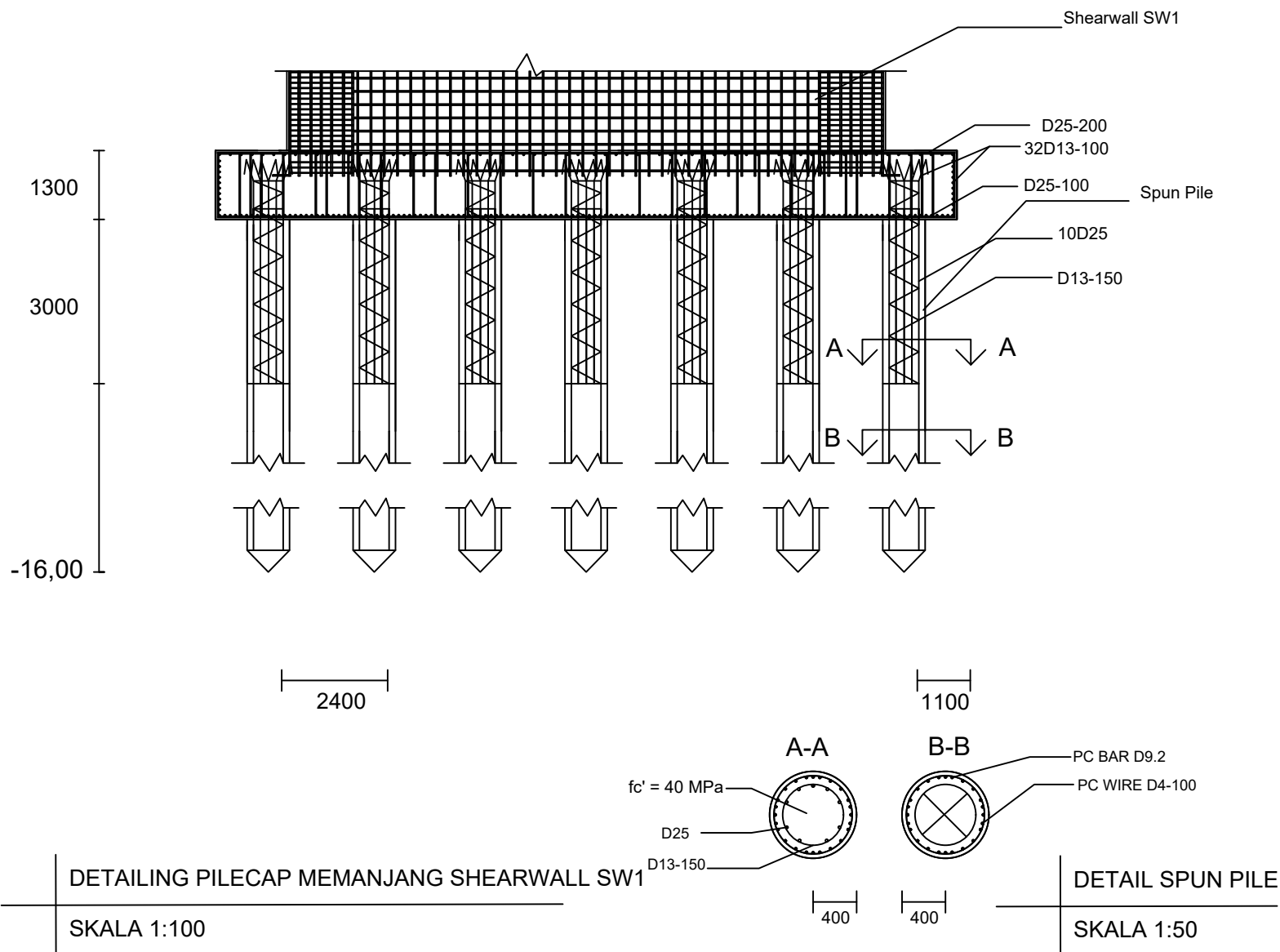
NOMOR

JUMLAH

29

32

CATATAN :





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Pilecap Shearwall SW1

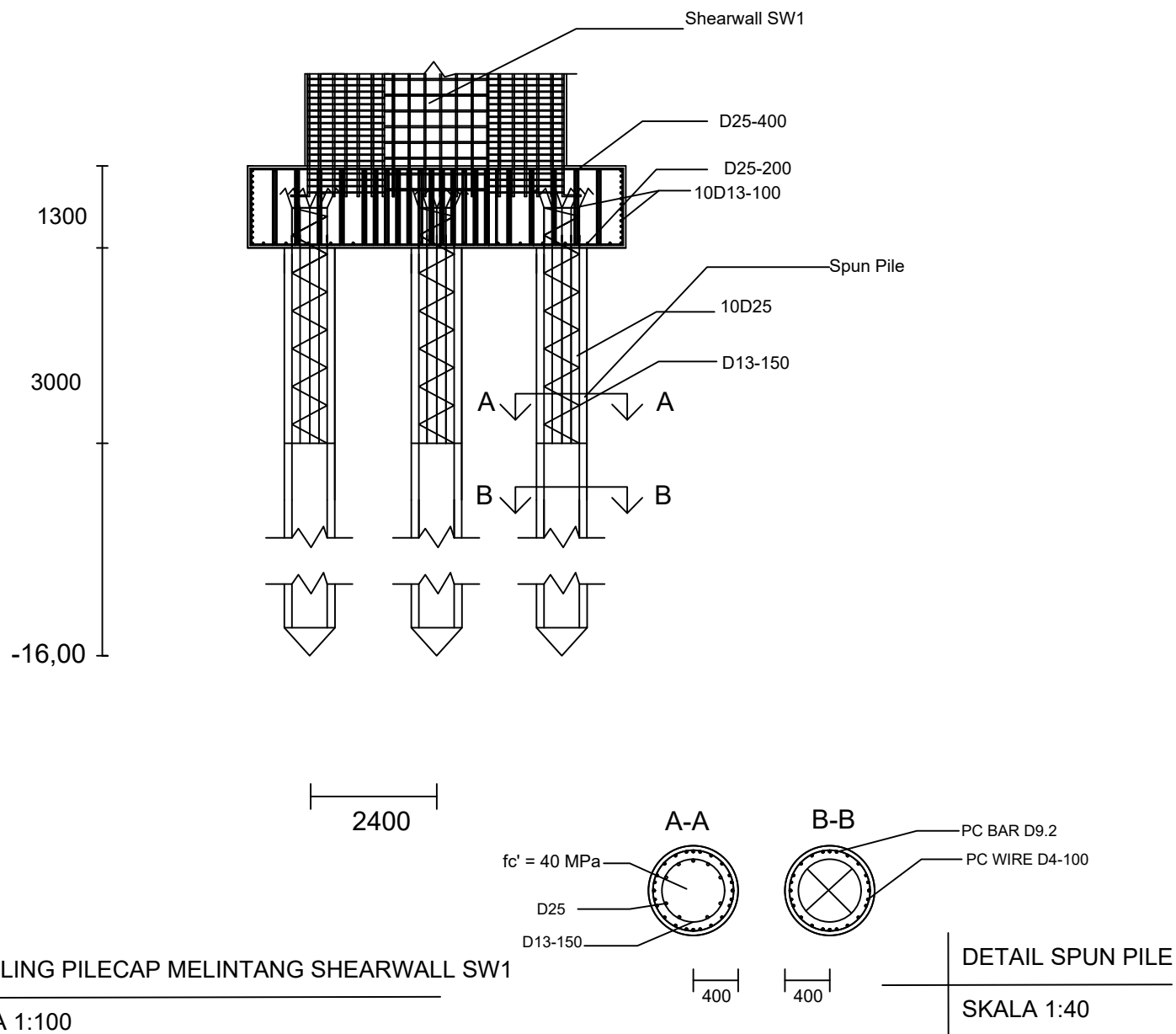
NOMOR

JUMLAH

30

32

CATATAN :



DETAILING PILECAP MELINTANG SHEARWALL SW1

SKALA 1:100

DETAIL SPUN PILE

SKALA 1:40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Pilecap Shearwall SW2

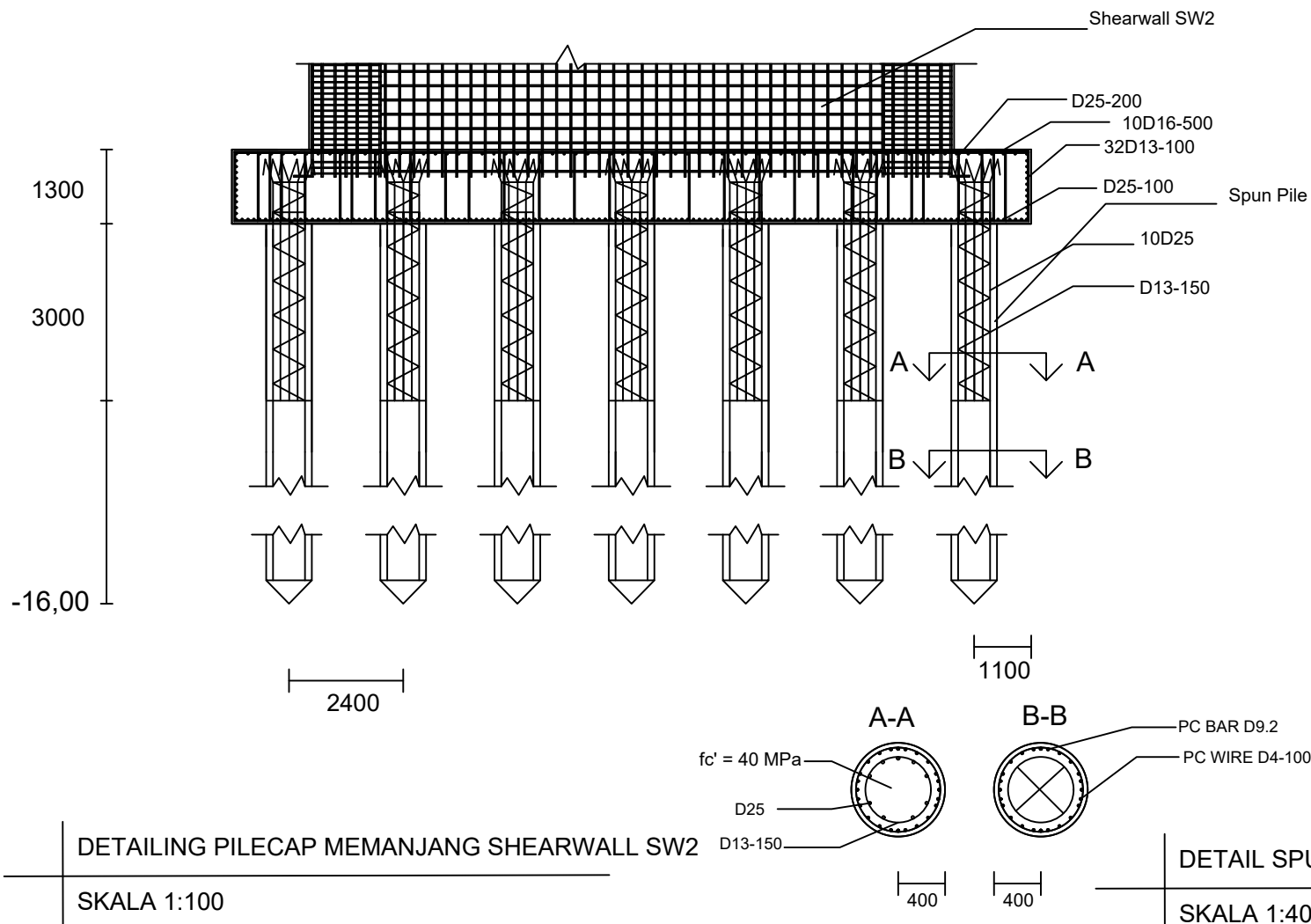
NOMOR

JUMLAH

31

32

CATATAN :





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS

JUDUL

DESAIN ULANG STRUKTUR  
GEDUNG OFFICE TOWER  
CAPITAL SQUARE SURABAYA

DOSEN KONSULTASI

BAMBANG PISCESA, ST., MT., PhD

MAHASISWA

MUHAMMAD TAUFIK  
03111540000128

GAMBAR

Detailing Pilecap Shearwall SW2

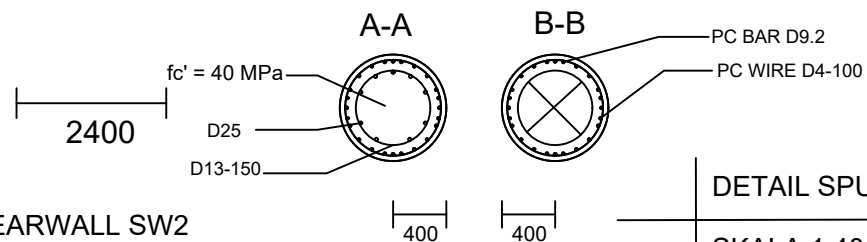
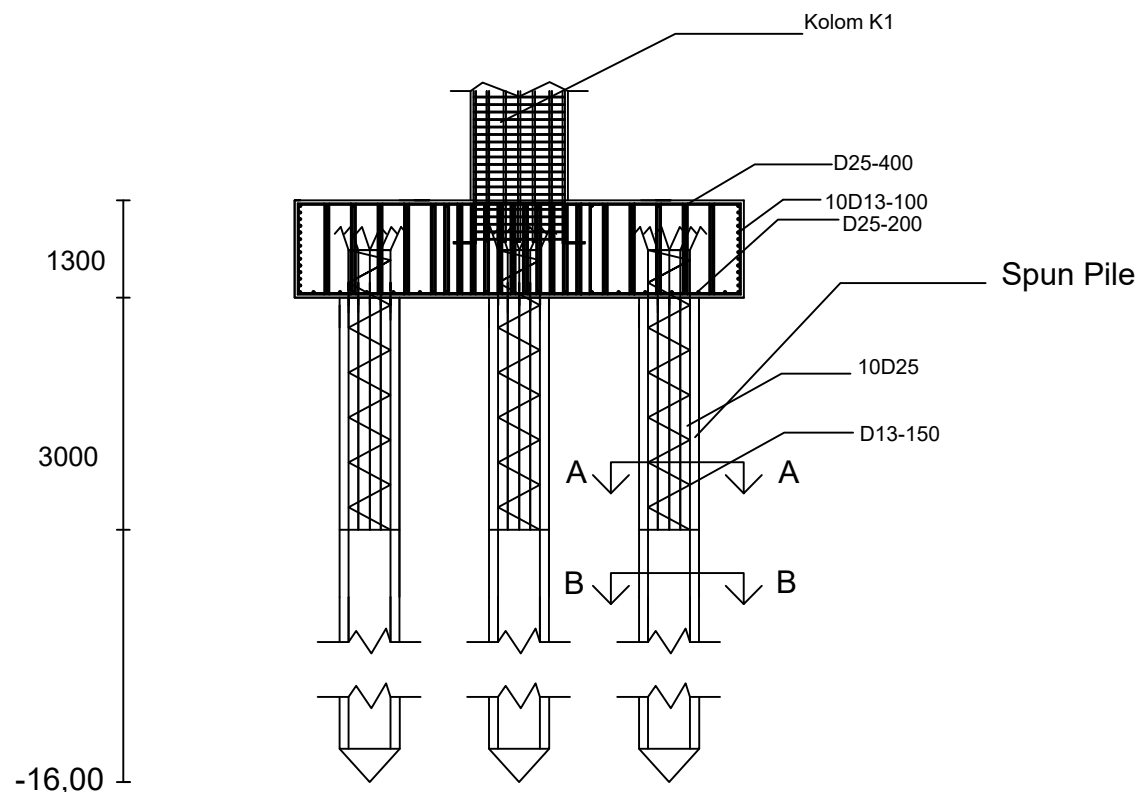
NOMOR

JUMLAH

32

32

CATATAN :



DETAILING PILECAP MEMANJANG SHEARWALL SW2

SKALA 1:100

DETAIL SPUN PILE

SKALA 1:40

## **BIODATA PENULIS**



Muhammad Taufik lahir pada tanggal 04 Oktober 1998 di Surakarta, Jawa Tengah. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN 16 Surakarta, SMPN 2 Surakarta, dan SMA 3 Surakarta, penulis melanjutkan pendidikan di S1 Departemen Teknik Sipil FTSLK Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03111540000128.

Penulis sempat aktif dalam beberapa organisasi selama menjalani masa kuliah seperti staf JMMI periode 2016 – 2017, pengurus inti UKM Tennis Lapangan periode 2017-2018, pengurus inti LDJ Al Hadiid periode 2017-2018. Penulis juga beberapa kali meraih penghargaan kompetisi baik ketekniksipilan maupun umum pada tingkat nasional, seperti Finalis Lomba Inovasi Beton Civil Week Universitas Negeri Sebelas Maret dan Peraih Medali Emas pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) yang ke 30.

Penulis sangat berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email :

[muhammad00taufik@gmail.com](mailto:muhammad00taufik@gmail.com)



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Bambang Pisceza, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Taufik
NRP	: 0311154000128
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Ulang Struktur Gedung Office Tower Capital Square Surabaya Menggunakan Beton Prapetak dan Sistem Ganda
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 14655/IT2 VI.4.1/PP.05.02.001/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	1-04-2019	Dimensi Balok Induk, Balok Anak, Pelat, Kolom Perhitungan Balok Anak	1. Beban Atap 2. Beban tumpu lift 3. Beban ruang 4. D:2 Fragma Hollow Core 5. Sistem Struktur 2-tu arah-hitung ulang balok anak 6. Hollow core yang prelin 7. Prelim utk balok induk L/12 8. Prelim balok anak L/16 9. utk balok dibagikan diagram kasan komposit maknanya 10. tebal pelat ditetapkkn 11. PLCs buat deck	<i>[Signature]</i>
2	12/04/19	- Mendapatk <sup>tebal</sup> bes <sup>er</sup> pelat k <sup>an</sup> nya - balok lift - Perulangan Anak & Balok Anak dan Pelat - kontrol kuat Lentur dan Geser Pelat	1. bondi <sup>ng</sup> pada pelat hollow core 2. grafik 3. k <sup>eh</sup> i <sup>z</sup> nya, ora <sup>ng</sup> t <sup>er</sup> nyata 4. cek moment <sup>nya</sup> 5. bondi <sup>ng</sup> momen balok anak pelat maknanya 6. Perulangan	<i>[Signature]</i>



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil Lt. 2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Bambang Pisceza, ST MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Taufik
NRP	: 03111540000128
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Ulang Struktur Gedung Office Tower Capital Square Surabaya Menggunakan Beton Pracetak dan Sistem Ganda
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 14655/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
3	30-04-2019	- Permodelan hana di danti: SNI nya saja	SNI di danti semuanya RSN	<i>R. R. R.</i>
4	02-05-2019	- Balok selain <del>di</del> disamping sudah	Cek lagi untuk V nya dan MPR Varietas abs DIB bisa di danti, DIB lektorasi	<i>R. R. R.</i>
5	06-05-2019	- Strong Column Work beam - dimensi, kolom	Aksi al kolom di masukkan semua ke sp. column Tr. bulat dari Preliminary 0.3fc'	<i>R. R. R.</i>
6	09-05-2019	- Kuat Aksial rencana - Pemeriksaan Tebal di danti - Kuat geser - Penulangan geser	Gaya pada geser coba di cari dengan section cut	<i>R. R. R.</i>



