



TUGAS AKHIR RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN ONE EAST SURABAYA MENGGUNAKAN
STRUKTUR *FLAT SLAB* DENGAN PENAMBAHAN
*SHEAR WALL***

FIRLY AYU AGUS DIAN
NRP. 03111440000035

Dosen Pembimbing I :
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

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

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2018



TUGAS AKHIR RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN ONE EAST SURABAYA MENGGUNAKAN
STRUKTUR *FLAT SLAB* DENGAN PENAMBAHAN *SHEAR
WALL***

FIRLY AYU AGUS DIAN
NRP. 03111440000035

Dosen Pembimbing I :
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

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

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT RC14-1501

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF ONE EAST APPARMENT USING *FLAT SLAB* SISTEM WITH *SHEAR WALL*

FIRLY AYU AGUS DIAN

NRP. 03111440000035

Academic Supervisor I :

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Academic Supervisor II :

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

Departement of Civil Engineering

Faculty of Civil Engineering, Environtment and Geodesy

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya, 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN ONE EAST SURABAYA MENGGUNAKAN
STRUKTUR *FLAT SLAB* DENGAN PENAMBAHAN
SHEAR WALL
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Firly Ayu Agus Dian
Nrp. 03111440000035

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA.

Surabaya, April 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN ONE EAST SURABAYA MENGGUNAKAN
STRUKTUR *FLAT SLAB* DENGAN PENAMBAHAN
*SHEAR WALL***

Nama Mahasiswa : Firly Ayu Agus Dian
Nrp : 3114100035
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Tavio, M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA.

Abstrak

Gedung Apartemen One East Surabaya merupakan gedung yang difungsikan sebagai hunian vertikal yang dibangun di kawasan perumahan. Apartemen One East sendiri merupakan gedung dengan struktur 31 lantai yang memiliki tipe tipikal sehingga mulai dari lantai 4 ke atas mempunyai konfigurasi denah yang sama. Gedung ini dibangun dengan beton bertulang menggunakan metode cor ditempat sehingga memerlukan waktu penggerjaan yang relatif lama. Dalam penggerjaannya pun, seringkali kurang memperhatikan ketelitian dan faktor kenyamanan seperti tinggi ruang bebas sehingga hasil penggerjaan tidak maksimal.

Pada Desain struktur gedung apartement One East ini akan di desain ulang dengan menggunakan struktur Flat Slab. Rangka utama akan didesain sebagai Sistem Rangka Gedung dan dinding struktur didesain sebagai dinding struktur beton khusus.

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan ringkasan bahwa rangka utama gedung mampu menahan beban lateral arah X dan Y yang masing-masing arah sebesar 8,41% dan 4,85% sehingga syarat Sistem Rangka Gedung terpenuhi.

Analisa harga terhadap perbedaan tebal pelat dilakukan untuk mengetahui efektivitas pemilihan tebal pelat yang efisien dan ekonomis. Dari hasil analisa tersebut didapatkan bahwa biaya pembuatan Option 1 (t pelat=350 mm, t drop panel =100 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp74.553.887 dan biaya pembuatan Option 2 (t pelat=250 mm, t drop panel =200 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp66.499.595. Sehingga dalam pembuatannya Option 2 dapat menghemat biaya pembuatan pelat sebesar 10,803%.

Kata kunci : *Flat Slab, Beton Bertulang, Shear Wall, Drop Panel.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

***DESIGN MODIFICATION OF ONE EAST SURABAYA
APARTMENT BUILDING STRUCTURE USING FLAT SLAB
STRUCTURE WITH ADDITION OF SHEAR WALL***

Student Name : Firly Ayu Agus Dian
NRP : 3114100035
Faculty : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Supervisor Lecturer : Prof. Ir. Tavio, M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA.

Abstract

One East Surabaya Apartment Building is a building that functioned as a vertical dwelling built in the residential area. One East Apartment itself is a 31-story building that has a typical floor plan type so that from the 4th floor to the top has the same floor plan. This building is built using reinforced concrete with in-site cast method so it takes a relatively long time to complete. In the process, it is often inaccurate about the planning and also about the comfort factors such as free height space so that the result is not as expected.

On this project, One East Apartment will be redesigned using Flat Slab structure. The main frame will be designed as Building Frame Sistem and the wall structure will be designed as specific concrete wall structure.

Based on the result of analysis that has been done, the building able to withstand lateral loads of X and Y direction, with the amount of 8.41% and 4.85% for each direction respectively so the requirements of Building Frame Sistem is fulfilled.

The price analysis of plate thickness differences is done to determine the effectiveness of choosing plate thickness that both economic and efficient. From the result of price analysis, it is found that the production cost of Option 1 (t -plate = 350mm, t -drop panel = 100 mm) is Rp 75.553.887 and the production cost of Option 2 (t -

plate = 250mm, t-drop panel =200 mm) is Rp 66.499.595. So in conclusion the production of Option 2 can save the cost of plate production by 10,803%.

Key words: *Flat Slab, Reinforced Concrete, Shear Wall, Drop Panel.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.

Proposal Tugas Akhir ini membahas “**Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen One East Surabaya Menggunakan Struktur Flat Slab dengan penambahan Shear Wall**”. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. selaku dosen wali.
4. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departement Teknik Sipil FTSLK – ITS
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departement Teknik Sipil FTSLK – ITS.

Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini.

Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa menjadikan Tugas Akhir ini sebagai amalan yang ikhlas mengharap kemuliaan ridlo-Nya dan memberikan manfaat serta kontribusi yang berarti kepada rekan-rekan semua.

Surabaya, Mei 2018

(Penulis)

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
Abstrak	iii
Abstract	vi
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.2.1. Permasalahan Utama	4
1.2.2. Detail Permasalahan	4
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.3.1 Tujuan Utama.....	4
1.3.2 Detail Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 Struktur Bangunan.....	7
2.2.1 Struktur Gedung.....	7
2.3 Sistem Pelat	9
2.4 Sistem Struktur <i>Flat Slab</i>	11

2.4.1 Pengertian <i>Flat Slab</i>	11
2.4.2 Kelebihan <i>Flat Slab</i>	11
2.4.3 Kelemahan <i>Flat Slab</i>	12
2.5 Analisa Struktur <i>Flat Slab</i>	12
2.6 Kegagalan <i>Flat Slab</i>	13
2.7 Perkuatan <i>Flat Slab</i>	14
2.8 Efektivitas penggunaan perkuatan pada <i>Flat Slab</i>	17
2.9 Evaluasi Kinerja Struktur <i>Flat Slab</i>	19
2.10 Hubungan <i>Flat Slab</i> - Kolom	19
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Umum.....	21
3.2 Diagram Alir Metodologi.....	21
3.3 Metode Pengumpulan Data	24
3.3.1 Data Bangunan.....	24
3.3.2 Data Tanah.....	25
3.4 Studi Literatur.....	25
3.4.1 Peraturan Yang Digunakan.....	25
3.5 Desain Struktur Sekunder.....	26
3.5.1 Desain Tangga	26
3.6 Preliminary Design.....	27
3.6.1 Preliminary Design <i>Flat Slab</i>	27
3.6.2 Preliminary Design Struktur Kolom	27
3.6.3 Desain Dimensi Shear Wall.....	28

3.7 Pembebanan	28
3.7.1 Beban Mati	28
3.7.2 Beban Hidup	29
3.7.3 Beban Gempa.....	29
3.7.4 Kombinasi Pembebanan.....	33
3.8 Analisa Struktur Utama	33
3.8.1 Kontrol Permodelan Struktur.....	33
3.9 Desain Struktur Utama	34
3.9.1 Desain Kolom	34
3.9.2 Desain Struktur <i>Flat Slab</i>	36
3.9.3 Desain Shear Wall.....	39
3.10 Desain Basement	40
3.11 Desain Struktur Pondasi	40
3.11.1 Desain Pondasi.....	40
3.11.2 Desain Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	41
3.11.3 Desain Desain Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	42
3.11.4 Desain Tebal Poer	42
3.11.5 Desain Penulangan Lentur	43
3.12 Gambar Teknis Hasil Perhitungan.....	43
BAB IV ANALISA STRUKTUR	45
4.1 Data Desain.....	45
4.1.1 Data Gedung	45

4.1.2 Pembebanan	45
4.2 Desain Struktur Sekunder.....	46
4.2.1 Desain Tangga	46
4.2.2 Desain Balok Bordes	62
4.2.3 Desain Lift dan Balok Penggantung Lift	66
4.3 Preliminary Design.....	73
4.3.1 Desain Struktur Primer	73
4.3.2 Desain Pelat	73
4.3.3 Desain Drop Panel	74
4.3.4 Desain Kolom	75
4.3.5 Desain Dinding Pendukung (<i>Shearwall</i>)	82
4.3.6 Desain Balok Tepi	82
4.4 Permodelan Struktur.....	84
4.4.1 Desain Struktur Primer	84
4.4.2 Pembebanan	86
4.4.3 Permodelan Struktur <i>Flat Slab</i> pada ETABS	91
4.5 Hasil Analisa Struktur	96
4.5.1 Kontrol Beban Gravitasi	96
4.5.2 Kontrol Partisipasi Massa	100
4.5.3 Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)	101
4.5.4 Kontrol Respons Seismik	103
4.5.5 Kontrol Batas Simpangan antara Lantai (<i>Drift</i>)	106

4.5.6 Kontrol Sistem Rangka Gedung	110
4.6 Perhitungan Struktur Primer	115
4.6.1 Umum	115
4.6.2 Desain Pelat	115
4.6.3 Desain Drop Panel	183
4.6.4 Desain Balok Tepi.....	188
4.6.5 Desain Kolom	211
4.6.6 Desain <i>Shearwall</i>	222
4.5 Desain Struktur Bawah.....	231
4.5.1 Desain Pelat Dasar Basement	231
4.5.2 Desain Pondasi	245
4.5.3 Desain Poer Pada Kolom	271
4.5.4 Perencaan Sloof	278
BAB V RINGKASAN DAN SARAN	282
5.1 Ringkasan	282
5.2 Saran	284
DAFTAR PUSTAKA.....	286
LAMPIRAN	288

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1 Denah Apartement One East Surabaya	3
Gambar 1 2 Potongan Memanjang Apartement One East Surabaya.....	3
Gambar 2 1 Sistem struktur pelat konvensional	9
Gambar 2 2 Sistem struktur konvensional dan Flat Slab	10
Gambar 2 3 Perkuatan Coloumn Capital dan Drop Panel ..	14
Gambar 2 4 Konfigurasi Shear Wall.....	16
Gambar 2 5 Tingkat Geser	18
Gambar 2 6 Tingkat Perpindahan	18
Gambar 2 7 Area Keliling Hubungan Slab – Kolom	20
Gambar 3 1 Diagram Alur Metodologi.....	24
Gambar 3 2 Denah Apartement One East	25
Gambar 3 3 Peta Zona Gempa Indonesia (Ss)	30
Gambar 3 4 Peta Zona Gempa Indonesia (Si).....	30
Gambar 3 5 Lebar efektif untuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut	35
Gambar 3 6 Lebar efektif untuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut	35
Gambar 4 1 Denah Tangga	47
Gambar 4 2 Potongan Tangga.....	48
Gambar 4 3 Pembebaan Pada Tangga.....	50
Gambar 4 4 Gaya Momen Pada Tangga	53
Gambar 4 5 Gaya Lintang Pada Tangga	53
Gambar 4 6 Gaya Normal Pada Tangga	54

Gambar 4 7 Penulangan Pelat Tangga	55
Gambar 4 8 Penulangan Pelat Tangga	58
Gambar 4 9 Denah Lift.....	67
Gambar 4 10 Potongan Lift.....	68
Gambar 4 11 Sketsa Pembebanan Balok Lift.....	69
Gambar 4 12 Area Tributany Kolom	76
Gambar 4 13 Permodelan Struktur.....	84
Gambar 4 14 Permodelan Tampak Samping Struktur	85
Gambar 4 15 Permodelan Denah Struktur	85
Gambar 4 16 Grafik Respon Spektra	90
Gambar 4 17 Input Grid pada program ETABS 2016	91
Gambar 4 18 Input Material Properties	92
Gambar 4 19 Input Section Properties	92
Gambar 4 20 Input Respon Spektrum	93
Gambar 4 21 Input Load Pattern	93
Gambar 4 22 Input Load Case.....	94
Gambar 4 23 Input Load Combination	95
Gambar 4 24 Gambar Elemen Struktur.....	95
Gambar 4 25 Displacements	107
Gambar 4 26 Momen pelat Mx-x (M2-2)	116
Gambar 4 27 Momen pelat My-y (M1-1)	116
Gambar 4 28 Pelimpahan Momen dan Gaya Geser	143
Gambar 4 29 Pelimpahan Gaya Geser	173
Gambar 4 30 Kontrol Lendutan	176
Gambar 4 31 Denah Struktur Drop Panel	184
Gambar 4 32 Lokasi Balok Tepi	189
Gambar 4 33 Penampang Balok	191
Gambar 4 34 Penampang balok L.....	202
Gambar 4 35 Diagram Interaksi P-M spColumn Lantai Atas dan Bawah	214

Gambar 4 36 Tulangan Transversal pada Kolom	217
Gambar 4 37 Mprc.atas dan Mprc.bawah	219
Gambar 4 38 Lokasi Dinding Geser	223
Gambar 4 39 Grafik Diagram Interaksi Sp Colo	228
Gambar 4 40 Denah Desain Pondasi.....	245
Gambar 4 41 Spesifikasi Tiang Pancang	249
Gambar 4 42 Daya Dukung Ijin Aksial Tekan Tiang Tunggal	258
Gambar 4 43 Kelompok Tiang PC 1.....	259
Gambar 4 44 Diagram Gaya Lateral Tiang	266
Gambar 4 45 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu X)	274
Gambar 4 46 Pembebanan Poer Kolom Tipe 2.....	276
Gambar 4 47 Diagram Interaksi P-M.....	280

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Tingkat Geser dengan atau tanpa shear wall	16
Tabel 3 1 Tebal minimum pelat	37
Tabel 3 2 Detail Perpanjangan minimum unutk tulangan pada slab tanpa balok	38
Tabel 4 1 Rekapitulasi Penulangan Tangga	61
Tabel 4 2 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes	65
Tabel 4 3 Spesifikasi Mesin Lift Hyundai	67
Tabel 4 4 Pembebanan Kolom Lantai Atap	77
Tabel 4 5 Pembebanan Kolom Lantai 14 – 18	78
Tabel 4 6 Pembebanan Kolom Lantai 9-13.....	79
Tabel 4 7 Pembebanan Kolom Lantai 4-8.....	80
Tabel 4 8 Pembebanan Kolom Lantai 1-3.....	81
Tabel 4 9 Rekapitulasi Dimensi Balok Tepi	83
Tabel 4 10 Beban Mati Tambahan Lt 1-19	86
Tabel 4 11 Beban Mati Tambahan Lt atap	86
Tabel 4 12 Beban Dinding	87
Tabel 4 13 Perhitungan Beban Pelat dan Balok Tepi.....	97
Tabel 4 14 Perhitungan Beban Kolom	97
Tabel 4 15 Perhitungan Beban Shear Wall	98
Tabel 4 16 Perhitungan Beban Dinding	98
Tabel 4 17 Perhitungan Beban Super Dead	99
Tabel 4 18 Perhitungan Beban Hidup	99
Tabel 4 19 Rekapitulasi Beban Struktur	99
Tabel 4 20 Rekapitulasi Beban Mati dan Beban Hidup ...	100
Tabel 4 21 Kontrol Partisipasi Massa	101
Tabel 4 22 Periode Permodelan	103

Tabel 4 23 Gaya Geser Dasar	104
Tabel 4 24 Gaya Geser Dasar	106
Tabel 4 25 Kontrol Simpangan Gempa Arah X.....	109
Tabel 4 26 Kontrol Simpangan Gempa Arah Y.....	110
Tabel 4 27 Kontrol Sistem Rangka Gedung	110
Tabel 4 28 Rekapitulasi nilai momen yang didapat dari ETABS	117
Tabel 4 29 Nilai Vu dan Mu Kolom Interior	134
Tabel 4 30 Nilai Vu dan Mu Kolom Eksterior.....	135
Tabel 4 31 Rekapitulasi nilai momen yang didapat dari ETABS	146
Tabel 4 32 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS	164
Tabel 4 33 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS	165
Tabel 4 34 Rekapitulasi Penulangan plat ($t = 350\text{mm}$)....	179
Tabel 4 35 Rekapitulasi Penulangan plat ($t = 250\text{mm}$)....	180
Tabel 4 36 Kebutuhan Besi Tulangan pelat $t = 350\text{ mm}$..	181
Tabel 4 37 Kebutuhan Beton Cor pelat $t = 350\text{ mm}$	182
Tabel 4 38 Analisa Harga $t = 350\text{ mm}$	182
Tabel 4 39 Kebutuhan Besi Tulangan pelat $t = 250\text{ mm}$..	182
Tabel 4 40 Kebutuhan Beton Cor pelat $t = 250\text{ mm}$	183
Tabel 4 41 Analisa Harga $t = 250\text{ mm}$	183
Tabel 4 42 Rekapitulasi Penulangan Drop Panel.....	188
Tabel 4 43 Momen Lentur Balok Tepi.....	194
Tabel 4 44 Perhitungan d aktual	196
Tabel 4 45 Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Tepi ..	206
Tabel 4 46 Rekapitulasi Penulangan Geser Balok Tepi....	210
Tabel 4 47 Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom	212
Tabel 4 48 Rekapitulasi Penulangan Lentur	213
Tabel 4 49 Rekapitulasi Perhitungan Spasi Tulangan Kolom	214

Tabel 4 50 Rekapitulasi Spasi Maksimum Hoop	216
Tabel 4 51 Rekapitulasi Spasi Tulangan <i>Confinement</i>	217
Tabel 4 52 Rekapitulasi Tulangan Transversal	218
Tabel 4 53 Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Lewatan	222
Tabel 4 54 Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS)223	
Tabel 4 55 Rekapitulasi Desain Dinding Geser	230
Tabel 4 56 Rekapitulasi penulangan Pelat Basement akibat Gaya Uplift.....	236
Tabel 4 57 Rekapitulasi penulangan Pelat Basement akibat Gaya Uplift.....	240
Tabel 4 58 Joint Reaction pada PC 1	246
Tabel 4 59 Joint Reaction pada PC 2	247
Tabel 4 60 Joint Reaction pada PC 3	247
Tabel 4 61 Joint Reaction pada PC 4	248
Tabel 4 62 Joint Reaction pada PC 5	248
Tabel 4 63 Perhitungan Q ijin tanah.....	252
Tabel 4 64 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 1	260
Tabel 4 65 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 2	261
Tabel 4 66 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 3	261
Tabel 4 67 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 4	262
Tabel 4 68 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 5	262
Tabel 4 69 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC 1	264

Tabel 4 70 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC	
2.....	264
Tabel 4 71 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC	
3.....	265
Tabel 4 72 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC	
4.....	265
Tabel 4 73 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC	
5.....	266
Tabel 4 74 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral	
PC 1.....	269
Tabel 4 75 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral	
PC 2.....	269
Tabel 4 76 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral	
PC 3.....	270
Tabel 4 77 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral	
PC 4.....	270
Tabel 4 78 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral	
PC 5.....	271

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Berkembangnya infrastruktur yang semakin pesat memacu peningkatan laju pertumbuhan urbanisasi dari desa ke kota. Menurut data Dinas Pendaftaran Penduduk dan Pencatatan Sipil di kota Surabaya, pada tahun 2009 angka urbanisasi penduduk dari luar kota ke wilayah Surabaya yakni sebesar 50,995 jiwa, sedangkan pada tahun 2014 mengalami peningkatan yang cukup signifikan yakni sebesar 67,416 jiwa. Tingginya tingkat urbanisasi masyarakat ke wilayah Surabaya mengakibatkan adanya peningkatan kebutuhan hunian. Semakin minim lahan yang tersedia di Surabaya mendorong adanya pembangunan hunian ke arah vertikal. Salah satu upaya pemerintah untuk menciptakan hunian yang layak di wilayah Surabaya adalah dengan memaksimalkan pembangunan hunian ke arah vertikal seperti hunian apartemen.

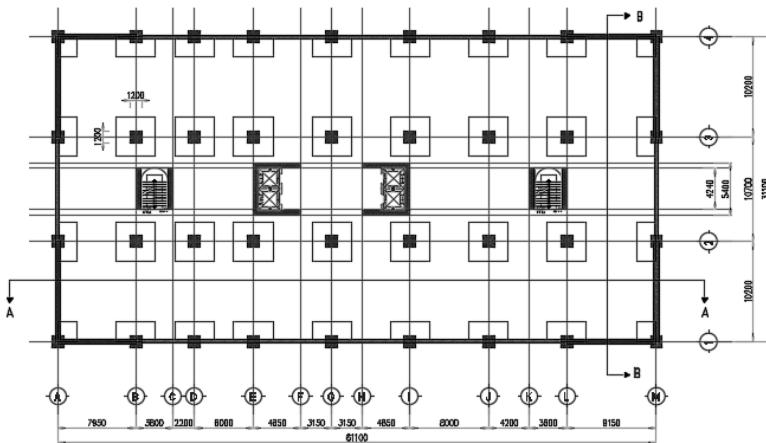
Meningkatnya permintaan terhadap kebutuhan hunian vertikal membuat pengembang / investor berlomba dalam menciptakan hunian vertikal yang ekonomis, sehingga menggesampingkan faktor kenyamanan hunian seperti tinggi ruang bebas yang menjadi salah satu faktor kenyamanan penghuni apartemen.

Struktur gedung pada umumnya memiliki komponen-komponen penyusun yang menyatu seperti pelat, balok dan kolom. Namun saat ini penggunaan sistem struktur konvensional balok – kolom dinilai kurang efektif diaplikasikan pada gedung apartemen karena memiliki tinggi ruang bebas yang rendah. Pengurangan tinggi ruang bebas gedung dikarenakan adanya finishing untuk menutup atap karena adanya balok. Semakin bertambahnya tinggi dan jumlah lantai gedung menuntut adanya inovasi pada sistem struktur yang digunakan.

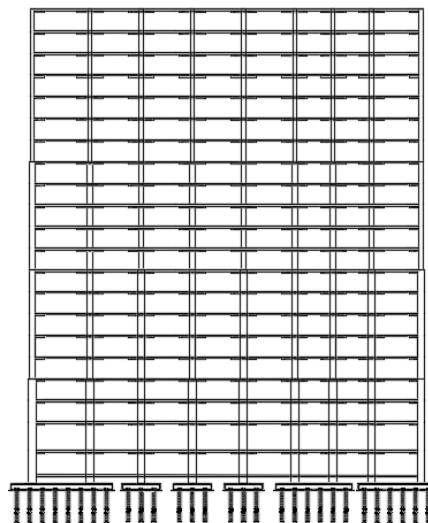
Melihat kondisi yang harus dipertimbangkan seperti yang dijelaskan sebelumnya, maka diperlukan adanya alternatif sistem struktur yang memiliki tinggi ruang bebas yang besar, namun tetap bernilai ekonomis. Salah satu alternatif sistem struktur yang dapat meningkatkan tinggi ruang bebas gedung adalah sistem struktur *Flat Slab*.

Sistem struktur *Flat Slab* merupakan sistem struktur dengan pelat beton bertulang yang diperkuat dua arah langsung ditunjang oleh kolom, dengan adanya Drop Panel / Column Capital (Umesh, et.al, 2014). Keuntungan *Flat Slab* menurut Deshmukh dkk (2016) yaitu fleksibilitasnya terhadap tata ruang dan dapat menghemat tinggi gedung (tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan ketinggian akibat balok dan komponen pendukung struktur lainnya).

Pada tugas akhir ini akan direncanakan alternatif sistem struktur konstruksi *Flat Slab* pada gedung apartemen One East Surabaya dengan menggunakan beberapa alternatif perkuatan untuk menunjang sistem struktur *Flat Slab*. Alternatif konstruksi perkuatan yang pertama adalah dengan adanya Drop Panel sebagai penahan geser struktur, dan alternatif konstruksi perkuatan yang kedua adalah dengan adanya Column Capital sebagai penahan geser pada bagian kritis daerah kolom. Dari kedua alternative konstruksi tersebut akan dibandingkan efisiensi tinggi ruang bebas yang didapatkan pada pem gedung apartemen One East Surabaya.



Gambar 1 1 Denah Apartement One East Surabaya



Gambar 1 2 Potongan Memanjang Apartement One East Surabaya

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1. Permasalahan Utama

Secara umum berdasarkan latar belakang diatas, didapatkan suatu permasalahan utama yaitu :

1. Bagaimana merencanakan struktur gedung apartemen One East dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab* dengan penambahan Shear Wall agar mendapatkan tinggi ruang bebas yang besar?

1.2.2. Detail Permasalahan

1. Bagaimana menentukan Preliminary design struktur gedung apartemen One East dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab*?
2. Bagaimana menentukan pembebanan struktur gedung apartemen One East dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab*?
3. Bagaimana perhitungan analisis struktur gempa pada Desain gedung apartemen One East dengan sistem struktur *Flat slab*?
4. Bagaimana memodelkan struktur gedung One East dengan menggunakan program bantu ETABS V2016?
5. Bagaimana efektifitas penggunaan Drop Panel dan / atau Coloumn Capital pada sistem struktur *Flat slab*?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

1.3.1 Tujuan Utama

1. Merencanakan struktur gedung apartemen One East dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab* dengan penambahan Shear Wall agar mendapatkan tinggi ruang bebas yang besar.

1.3.2 Detail Tujuan

Detail tujuan dari Desain struktur gedung One East ini adalah :

1. Menentukan Preliminary design struktur gedung apartemen One East dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab*.
2. Menentukan pembebanan struktur gedung apartemen One East dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab*.
3. Menentukan perhitungan analisis struktur gempa pada Desain gedung apartemen One East dengan sistem struktur *Flat slab*.
4. Memodelkan struktur gedung One East dengan menggunakan program bantu ETABS V2016.
5. Menentukan efektifitas penggunaan perkuatan struktur berupa Drop Panel dan / atau Column Capital pada sistem struktur *Flat slab*.

1.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, permasalahan dibatasi pada pokok-pokok pembahasan sebagai berikut:

1. Tidak merencanakan arsitektural gedung Apartemen One East Surabaya.
2. Tidak memperhatikan utilitas dan MEP (Mechanical Electrical and Plumbing) yang ada.
3. Manajemen dan metode pelaksanaan konstruksi tidak dibahas dalam tugas akhir ini.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini antara lain dapat menjadi pertimbangan untuk kontraktor sebagai inovasi struktur gedung apartemen yang memiliki faktor kenyamanan tinggi namun tetap bernilai ekonomis dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas beberapa jurnal ilmiah dan dasar teori yang berkaitan dengan Desain bangunan Apartemen One East menggunakan sistem struktur *Flat Slab* dengan penambahan *Shear Wall*. Dalam Desainnya perlu tinjauan khusus terhadap Desain struktur gedung dengan menggunakan sistem struktur *Flat Slab*.

2.2 Struktur Bangunan

2.2.1 Struktur Gedung

2.2.1.1 Klasifikasi Bangunan Gedung

Bangunan gedung diklasifikasikan berdasarkan tingkat kompleksitas dan ketinggian. Klasifikasi berdasarkan ketinggian menurut Peraturan Menteri Tahun 2007 :

1. Bangunan gedung bertingkat tinggi dengan jumlah lantai lebih dari 8 (delapan) lantai;
2. Bangunan gedung bertingkat sedang dengan jumlah lantai 5 (lima) lantai sampai dengan 8 (delapan) lanta; dan
3. Bangunan gedung bertingkat rendah dengan jumlah lantai 1 (satu) lantai sampai dengan 4 (empat) lantai.

Bangunan tinggi dibangun sebagai optimalisasi fungsi gedung. Biasanya bangunan disebut bangunan tinggi jika mempunyai ketinggian antara 71 kaki dan 491 kaki (23 m hingga 150 m), (Massachusetts General Law). Tinggi rata – rata perlantai adalah 13 kaki (4 meter). Bangunan tinggi dapat disebutkan pada struktur dengan jumlah lantai mulai dari 6 lantai.

2.2.1.2 Pengaruh Gempa pada Bangunan tak Beraturan

Selama terjadi gempa, pada bangunan akan terjadi osilasi. Gaya – gaya yang terjadi akan bergerak kearah yang

berbeda – beda melalui elemen struktur dan akhirnya ditransfer ke tanah. Besarnya gaya – gaya yang mengakibatkan osilasi dipengaruhi oleh keseluruhan geometri bangunan yaitu :

1. Bentuk Bangunan

Bangunan dengan bentuk yang sederhana sangat ideal dalam melawan gaya gempa disebarluaskan secara langsung menuju tanah. Bangunan yang tidak beraturan akan memiliki mode osilasi yang spesial. Mode osilasi yang spesial ini akan menginduksi konsentrasi tegangan yang tinggi di ujung belokan bangunan sehingga akan mengakibatkan kerusakan yang parah (Mujarat, et, al, 2012).

2. Aspek Ratio Bangunan

Aspek ratio bangunan adalah perbandingan panjang dan lebar bangunan. Aspek ratio bangunan yang besar tidak baik untuk bangunan karena saat terjadi gempa, gaya inersia terpusat pada bagian lantai bangunan karena memiliki massa yang besar. Gaya inersia kemudian disalurkan ke sistem penahanan beban lateral sesuai dengan kapasitas beban yang dapat ditahan. Akan tetapi, gaya inersia terdistribusi pada area tributari ketika slab lantai berdeformasi pada tempatnya. Hal ini mengakibatkan beban yang berlebihan sehingga menyebabkan kerusakan pada bangunan (Mujarat, et, al, 2012).

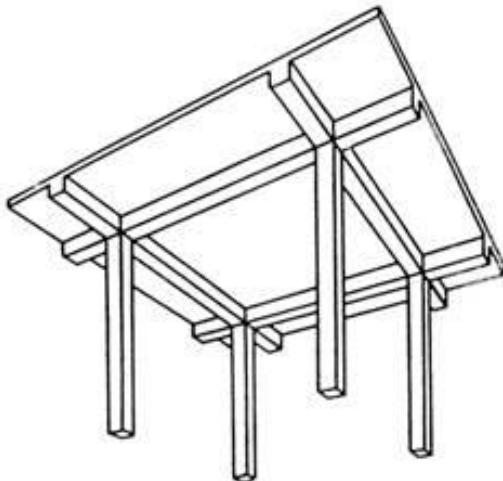
3. Rasio Kelangsungan

Rasio kelangsungan adalah perbandingan tinggi bangunan dengan panjang bangunan. Selama terjadi gempa, bangunan tidak boleh bergoyang dan berpindah secara berlebihan kearah lateral. Perpindahan lateral yang besar akan dapat mengakibatkan kerusakan non-struktur, struktur dan P- Δ effect yang signifikan sehingga dapat meruntuhkan bangunan (Mujarat, et, al, 2012).

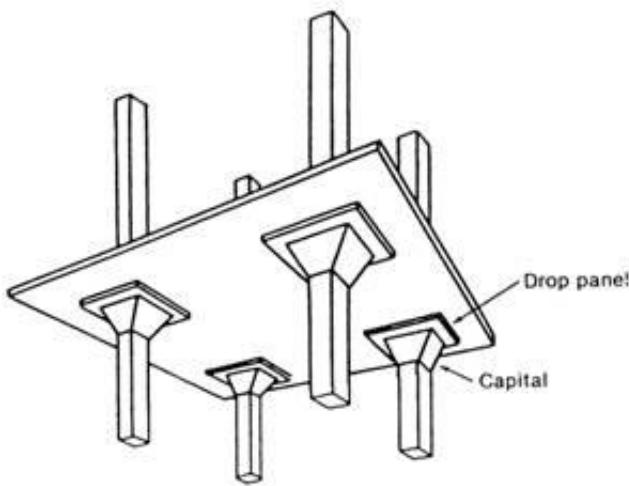
2.3 Sistem Pelat

Pelat adalah salah satu elemen struktur yang sifatnya lebih dominan terhadap lentur dengan bentuk yang melebar dan berfungsi untuk menyalurkan beban hidup dan beban mati ke dalam rangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur (Amrita et. al, 2016). Selain fungsinya sebagai penerima dan penyalur beban, volume beton yang digunakan untuk pelat tergolong besar sehingga memerlukan perhatian lebih untuk mencapai efektivitas dan efisiensi dalam perancangannya (Kulkurni et. al, 2015).

Ada beberapa sistem pelat, diantaranya adalah sistem pelat konvensional, sistem *waffle slab* (pelat berusuk dua arah), sistem one joint slab (pelat berusuk satu arah), sistem *flat plate* dan sistem *flat slab*. Masing-masing pelat tersebut dibedakan oleh penggunaan sejumlah baloknya. Pemilihan berbagai sistem pelat ini disesuaikan dengan tujuan dari struktur yang diinginkan (Amrita et. al, 2016).



Gambar 2 1 Sistem struktur pelat konvensional



Gambar 2.2 Sistem struktur konvensional dan Flat Slab

(Sumber : Ami Fahmi, 2014)

Gambar (2.1), Gambar sistem beam-coloumn. Sebagai unsur vertikal berfungsi sebagai penyalur beban dan gaya menuju tanah, sedangkan balok adalah unsur horisontal yang berfungsi sebagai pemegang dan media pembagian beban dan gaya ke kolom (Deshmukh C. M, 2016). Namun saat ini penggunaan sistem struktur konvensional balok – kolom dinilai kurang efektif diaplikasikan pada gedung karena memiliki tinggi ruang bebas yang rendah.

Gambar (2.2), Gambar sistem *flat slab*. *Flat slab* dicirikan dengan tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam namun balok tepi pada tepi luar lantai boleh ada atau tidak ada. Penggunaan sistem ini membuat daerah di sekitar daerah kolom perlu dilakukan penebalan. Sistem ini diminati karena waktu pekerjaan pelat relatif terkurangi dengan tidak adanya begining balok (Sawant V.S dan More R.S, 2013).

2.4 Sistem Struktur *Flat Slab*

2.4.1 Pengertian *Flat Slab*

Flat Slab merupakan sistem struktur dengan pelat beton bertulang yang diperkuat dua arah langsung ditunjang oleh kolom tanpa adanya balok (Umesh, et.al, 2014). Sistem *flat slab* merupakan sistem yang sangat simpel untuk metode konstruksi dan untuk bangunan dengan tinggi yang minimum. Analisis dinamik dari *flat slab* dan pelat dua arah konvensional untuk analisis seismik dengan mempertimbangkan perbedaan area seismik yang sangat mempengaruhi (Deshmukh C. M. et. al, 2016).

Tebal pelat dan kebutuhan tulangan untuk sistem *flat slab* dihitung berdasarkan nilai-nilai ultimit gaya dalam hasil analisis struktur. Setelah itu, tulangan yang akan dirancang harus kuat untuk menahan besarnya momen positif dan momen negatif, sehingga terdapat dua bagian perancangan dalam hal ini, yaitu perancangan tulangan momen positif dan tulangan momen negatif (Syamsi M.I, 2015).

2.4.2 Kelebihan *Flat Slab*

Menurut Sawant V.S dan More R.S (2013) kelebihan *Flat Slab* dapat didefinisikan sebagai berikut, yakni :

1. Fleksibilitas terhadap tata ruang;
2. Waktu penggeraan yang relatif lebih pendek, hal ini dapat dilihat dari proses pembuatan dimana pengecoran plat dapat langsung dilakukan tanpa perlu mengecor balok terlebih dahulu;
3. Kemudahan dalam pemasangan instalasi mechanical dan electrical;
4. Menghemat tinggi bangunan, tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan akibat balok dan komponen pendukung struktur lainnya;
5. Pemakaian tulangan plat bisa dengan tulangan fabrikasi.

2.4.3 Kelemahan *Flat Slab*

Pada Desain bangunan tinggi yang tidak menggunakan balok pada struktur, geseran merupakan pertimbangan kritis terutama pada bagian pertemuan antara pelat dan kolom. Apabila bagian pertemuan pada struktur tersebut tidak kuat, maka kolom-kolom penyangga pada pelat akan memberikan tekanan pons yang hendak menembus pelat ke atas yang dapat mengakibatkan timbulnya tegangan geser cukup besar pada area sekitar kolom yang dapat menimbulkan keruntuhan pons. Keruntuhan pons ditandai dengan timbulnya retak-retak pada pelat atau bahkan tertembus oleh kolom. Antisipasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi keruntuhan pons ini adalah dengan memberikan perkuatan geser yang cukup pada daerah pertemuan antara pelat dan kolom yaitu dengan pemasangan drop panel atau dengan coloumn capital (Umesh S.S, et. al, 2014).

Kelemahan utama pada pelat datar (*flat slab*) adalah kurangnya ketahanan terhadap beban lateral, oleh karena itu fitur khusus seperti dinding geser, dinding struktural harus disediakan jika digunakan di konstruksi bertingkat tinggi (Jadhav H.S dan Walvekari Anuja, 2015).

2.5 Analisa Struktur *Flat Slab*

Analisa Struktur *Flat slab* dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode yakni metode desain langsung (*direct design method*) dan metode portal ekuivalen (*equivalent frame method*). Pada dasarnya metode portal ekuivalen memerlukan distribusi momen beberapa kali, sedangkan metode desain langsung hanya berupa pendekatan dengan satu kali distribusi momen. (Harshal, Radhika, dan Prashan, 2014)

1. Metode Desain langsung (*Direct Design Method*)

Metode langsung merupakan metode pendekatan untuk mengevaluasi dan mendistribusikan momen total pada panel slab dua arah. Dengan metode ini diupayakan

slab dapat dihitung sebagai bagian dari balok pada suatu portal. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode pendekatan ini adalah pendekatan momen dan geser dengan menggunakan koefisien-koefisien yang disederhanakan.

2. Metode portal ekivalen (*Equivalent Frame Method*)

Pada metode portal (rangka) ekuivalen menganggap portal idealisasi ini serupa dengan portal aktual sehingga hasilnya akan lebih eksak dan mempunyai batasan penggunaan yang lebih sedikit dibandingkan dengan metode desain langsung. Pada metode portal ekuivalen, struktur dibagi menjadi portal menerus yang berpusat pada kolom dalam masing-masing arah yang saling tegak lurus. Masing-masing portal ini terdiri atas sederetan kolom dan slab lebar dengan balok, apabila ada, diantara garis pusat panel.

2.6 Kegagalan *Flat Slab*

Menurut Umesh S.S, et. al, (2014) *Flat Slab* memiliki kekakuan yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem balok – kolom yang dapat mengakibatkan adanya lendutan yang relatif besar. Selain itu, kapasitas geser juga bisa berkurang khususnya di daerah sekitar kepala kolom dimana besar kekuatan geser bisa bertambah. Ada dua mode kegagalan utama *Flat Slab* :

1. *Flexural failure*

Pelat dirancang untuk gagal karena kegagalan lentur, mode kegagalan adalah daktail sehingga memberikan defleksi yang relatif besar di bawah beban yang berlebihan, juga retakan akan muncul di bagian bawah permukaan sebelum terjadi kegagalan. Tanda-tanda ini memungkinkan masalah diatasi sebelum terjadi kegagalan.

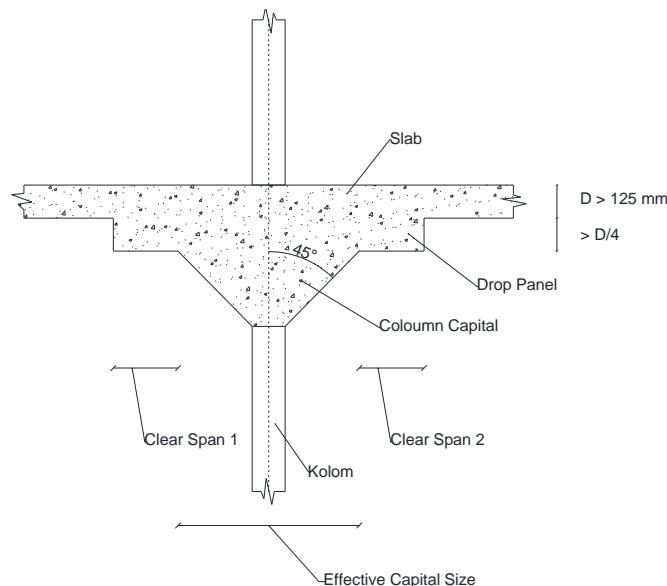
2. *Punching shear failure*

Menurunkan kegagalan geser dengan perbandingan adalah mode kegagalan rapuh bila tulangan geser tidak ditambahkan, berarti akan terjadi kegagalan terjadi sebelum defleksi yang signifikan terjadi, di samping ini ada celah yang akan berkembang sebelum kegagalan akan merambat dari permukaan atas karena permukaan ini biasanya tertutup, itu tidak mungkin akan ada cukup peringatan yang tersedia sebelum terjadi kegagalan.

2.7 Perkuatan *Flat Slab*

1. Drop Panel

Drop panel merupakan perkuatan struktur *flat slab* yang berupa penekanan pada bagian pelat. Drop panel juga dapat digunakan untuk mengurangi kebutuhan tulangan pada momen negatif dalam bagian atau daerah kolom (Sawant V.S dan More R.S, 2013).



Gambar 2 3 Perkuatan Coloumn Capital dan Drop Panel

Sumber : (Sawant V.S dan More R.S, 2013)

2. Column Capital

Kolom kapital merupakan perbesaran dari kolom bagian atas untuk meningkatkan kapasitas kekuatan dari pelat untuk menahan geser yang ada (Sawant V.S dan More R.S, 2013).

Kolom juga dapat mempunyai penampang konstan atau dibesarkan untuk membentuk suatu kepala kolom (*Column head*). Pelat tiang bermanfaat dalam mengurangi tegangan geser pons yang mungkin ditimbulkan oleh kolom terhadap pelat, dan pertebalan ini juga meningkatkan besarnya momen lawan di tempat – tempat dimana momen – momen negatif terbesar (Umesh, et.al, 2014).

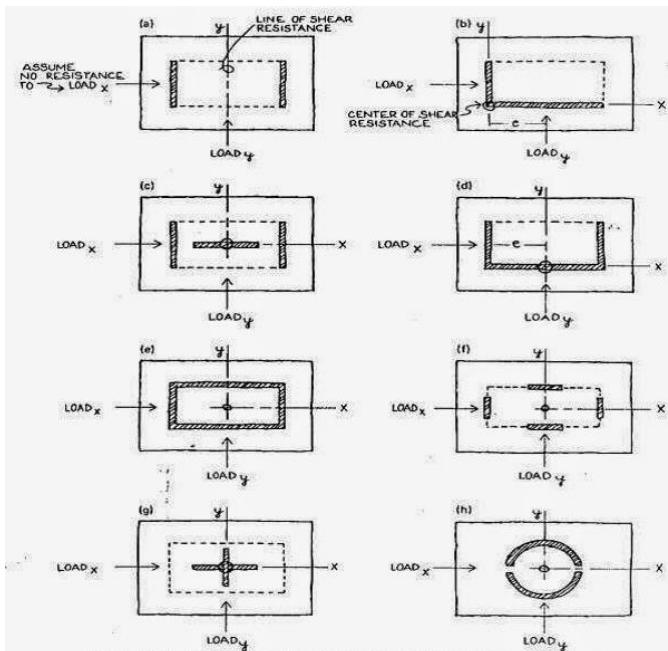
3. Sistem Penahan Gaya Lateral (Shear Wall)

Dinding geser (shear wall) adalah dinding struktural yang dirancang khusus yang tergabung dalam bangunan untuk menahan kekuatan lateral yang dihasilkan di bidang dinding karena gempa, angin dan lentur (Deshmukh C. M. et. al, 2016). Pada bangunan tinggi tahan gempa umumnya gaya-gayalateral yang dibebani pada kolom cukup besar sehingga perlumenggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geseruntuk menahan gaya geser yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan bebangempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Kolom-kolom dianggap tidak ikut mendukunggaya horizontal, sehingga hanyadidesain untuk menahan gaya normal (gaya vertikal). Secarastruktural dinding geser dapat dianggap sebagai balok kantileververtikal yang terjepit bagian bawahnya pada pondasi atau basemen.Desain dinding geser pada bangunan tingkat tinggi harus didesain sesimetris mungkin karena jika tidak simetris maka akan ada jarak (eksentrissitas) antara pusat massa dan pusat kekakuan.

Eksentrisitas inilah yang menyebabkan adanya gaya puntir pada bangunan tingkat tinggi tersebut, adanya gaya puntir akibat eksentrisitas mengakibatkan adanya penambahan tulangan pada dinding geser tersebut.

Menurut Jadhav H.S dan Walvekar Anuja pada tahun 2015, kehadiran Shear Wall pada sistem struktural mampu memberikan stabilitas terhadap angin, gempa bumi dan ledakan serta memperoleh kekakuan dari struktural yang melekat.



Gambar 2.4 Konfigurasi Shear Wall

(Sumber : Besta, 2015)

Tabel 2.1 Tingkat Geser dengan atau tanpa shear wall

Storey Level (mm)	Story shear without shear wall (KN)	Story with shear wall (KN)
0	3973,52	4096,20
3000	3970,29	4092,87
6000	3962,75	4085,10
9000	3957,38	4079,52
12000	3928,33	4049,49
15000	3876,67	3996,11
18000	3795,97	3912,69
21000	3679,75	3792,57
24000	3521,57	3629,08
27000	3314,96	3415,54
30000	3053,47	3145,28
33000	2730,65	2811,62
36000	2340,03	2407,9
39000	1875,16	1927,43
42000	1329,58	1363,55
45000	696,85	709,58

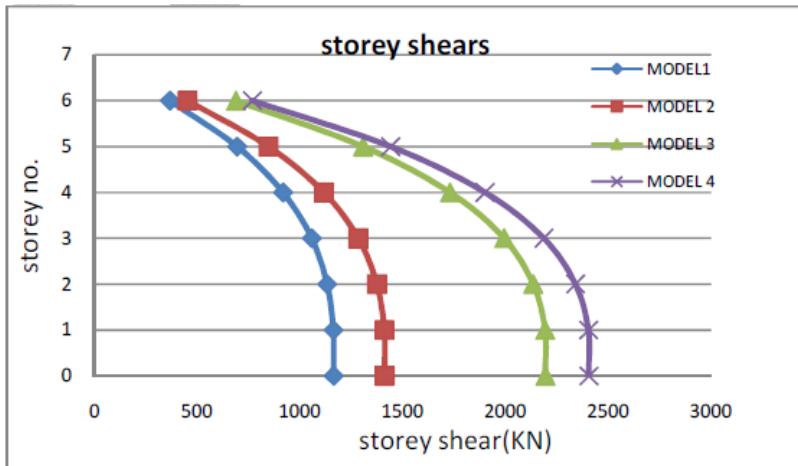
(Sumber : Jadhav H.S dan Walvekari Anuja, 2015)

2.8 Efektivitas penggunaan perkuatan pada *Flat Slab*

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kumar A.D dan Srinivasulu P (2015) terjadi perbedaan yang sangat signifikan untuk penggunaan setiap perkuatan pada sistem struktur *flat slab*. Perbedaan tersebut berupa tingkat geser dan tingkat perpindahan yang terjadi pada struktur. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari grafik berikut ini, dengan keterangan berupa :

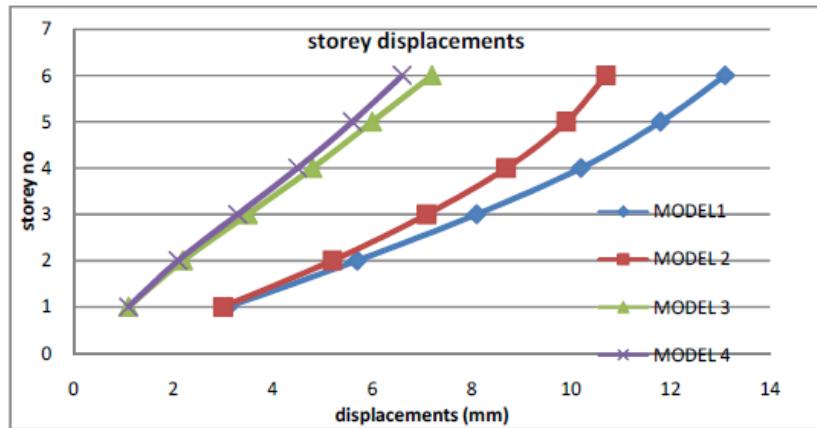
1. Model 1 : Struktur *Flat Slab* tanpa Drop
2. Model 2 : Struktur *Flat Slab* dengan Coloumn Drop

3. Model 3 : Struktur *Flat Slab* dengan shear wall
4. Model 4 : Struktur *Flat Slab* dengan Coloumn Drop dan shear wall



Gambar 2 5 Tingkat Geser

Sumber : (Kumar A.D dan Srinivasulu P, 2015)



Gambar 2 6 Tingkat Perpindahan

Sumber : (Kumar A.D dan Srinivasulu P, 2015)

2.9 Evaluasi Kinerja Struktur *Flat Slab*

Menurut S.S Umesh, et.al (2014) Parameter yang perlu diperhatikan dalam evaluasi kinerja sistem *Flat Slab* adalah sebagai berikut :

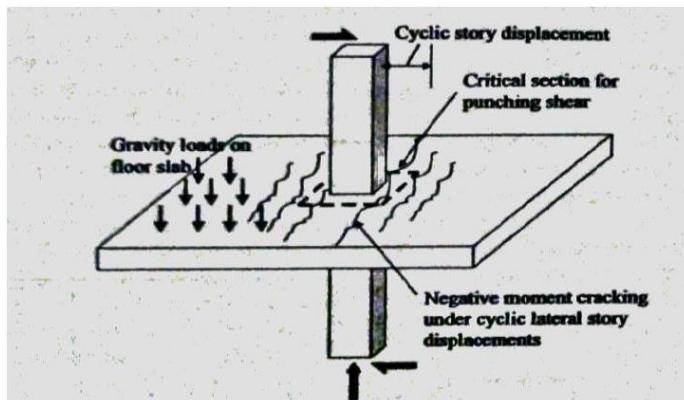
1. Sistem struktur *Flat Slab* terikat dengan sistem seismik.
2. Sistem struktur *Flat Slab* dikenakan perbedaan zona dan kondisi tanah yang berbeda.
3. Metode analisis statik ekivalen dan Analisa respon spektrum.
4. Maksimum momen tekuk dan tingkat simpangan.
5. Tingkat geser dan desain geser dasar bangunan dengan atau tanpa Drop.

2.10 Hubungan *Flat Slab - Kolom*

Hubungan pelat - kolom mencakup daerah joint dan bagian dari pelat yang berbatasan dengan kolom. Transfer beban gravitasi antara pelat dan kolom menimbulkan tegangan geser pada pelat di sekeliling kolom yang disebut dengan penampang kritis. Disebutkan bahwa posisi penampang kritis adalah pada jarak yang tidak lebih dari setengah tebal efektif pelat ($d/2$) dari muka kolom atau dari tepi luar tulangan geser jika digunakan tulangan geser pada pelat (Riawan,dkk,2012) .

Sistem Struktur ini sangat umum digunakan di daerah risiko gempa rendah sampai resiko gempa menengah,di mana itu di perbolehkan sebagai Kekuatan Lateral Tahan Sistem (KLTS), serta diresiko gempa tinggi sistem gravitasi dimana saat frame atau dinding geser di sediakan sebagai KLTS utama. Slab-Kolom frame biasanya digunakan untuk melawan gravitasi dan beban lateral didaerah gempa rendah sampai sedang dan mendirikan desain baiknya ada persyaratan untuk menghindari kegagalan meninjau di hubungan kolom-slab.

Biasanya kegagalan geser meninjau dimulai pada lokasi sepanjang bagian kritis (ditunjukan oleh garis putus putus sekeliling kolom) dimana gunting dari beban gravitasi menambah gunting dari momen plat yang bekerja pada koneksi yang dianggap di transfer oleh geser di daerah bagian kritis (gambar 2.7)



Gambar 2.7 Area Keliling Hubungan Slab – Kolom

(Sumber : Purnama, 2017)

Dalam hal ini, Deformasi lateral struktur menghasilkan momen dan geser pada koneksi slab-kolom dan hunting dari beban gravitasi di lantai. Retak lentur akan mengembang pada permukaan atas pelat di bagian momen negatif pada muka kolom dan bagian bawah slab di sisi yang berlawanan. Urutan penerapan beban menghasilkan kerusakan yang tidak menyebabkan kegagalan sebelum dievaluasi. Urutan beban tersebut sangat penting di pertimbangkan karena bangunan yang telah mengalami deformasi gempa merusak (bahkan jika kerusakan belum mengancam integritas struktur selama gempa) dapat mengakibatkan kerusakan latent yang dapat menyebabkan kegagalan di bawah posting berikutnya (Riawan,dkk,2012).

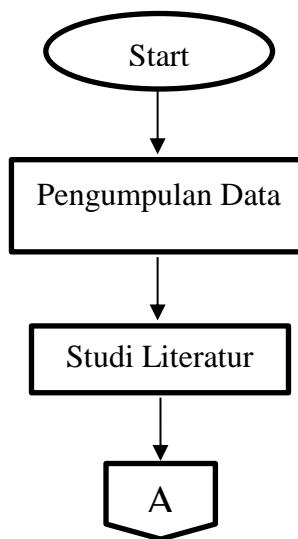
BAB III

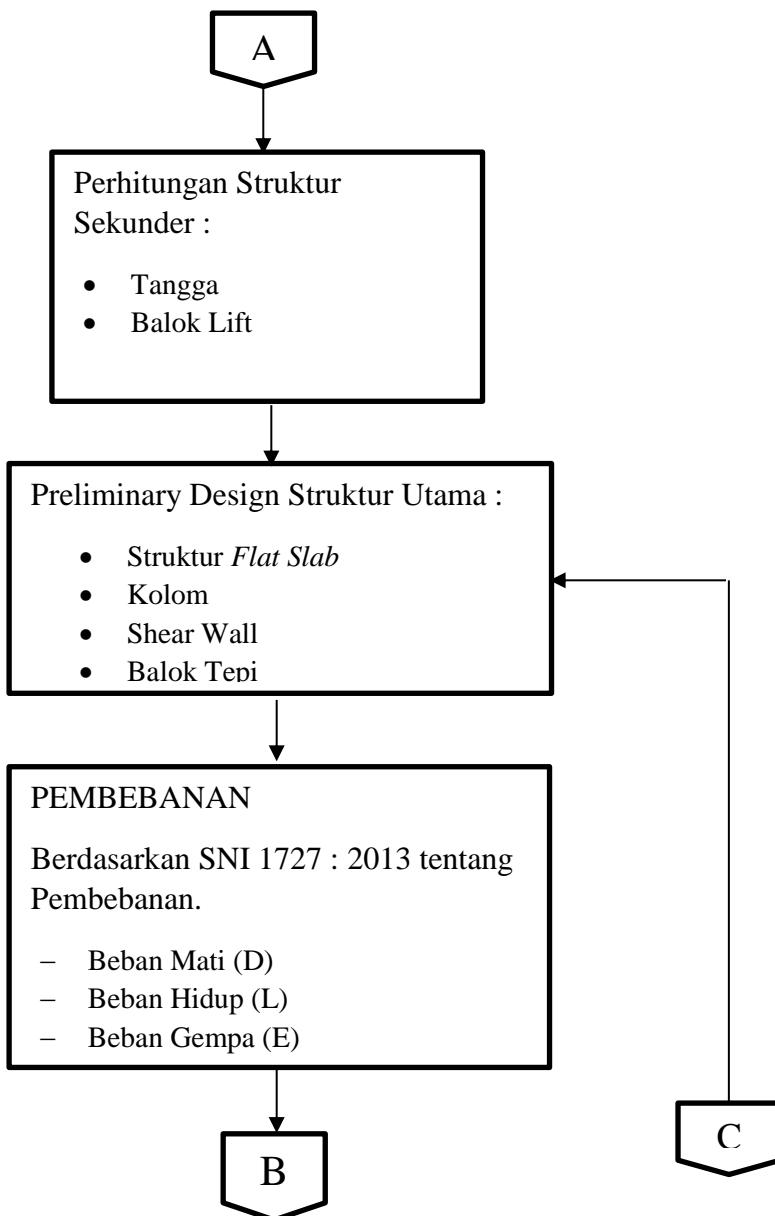
METODOLOGI

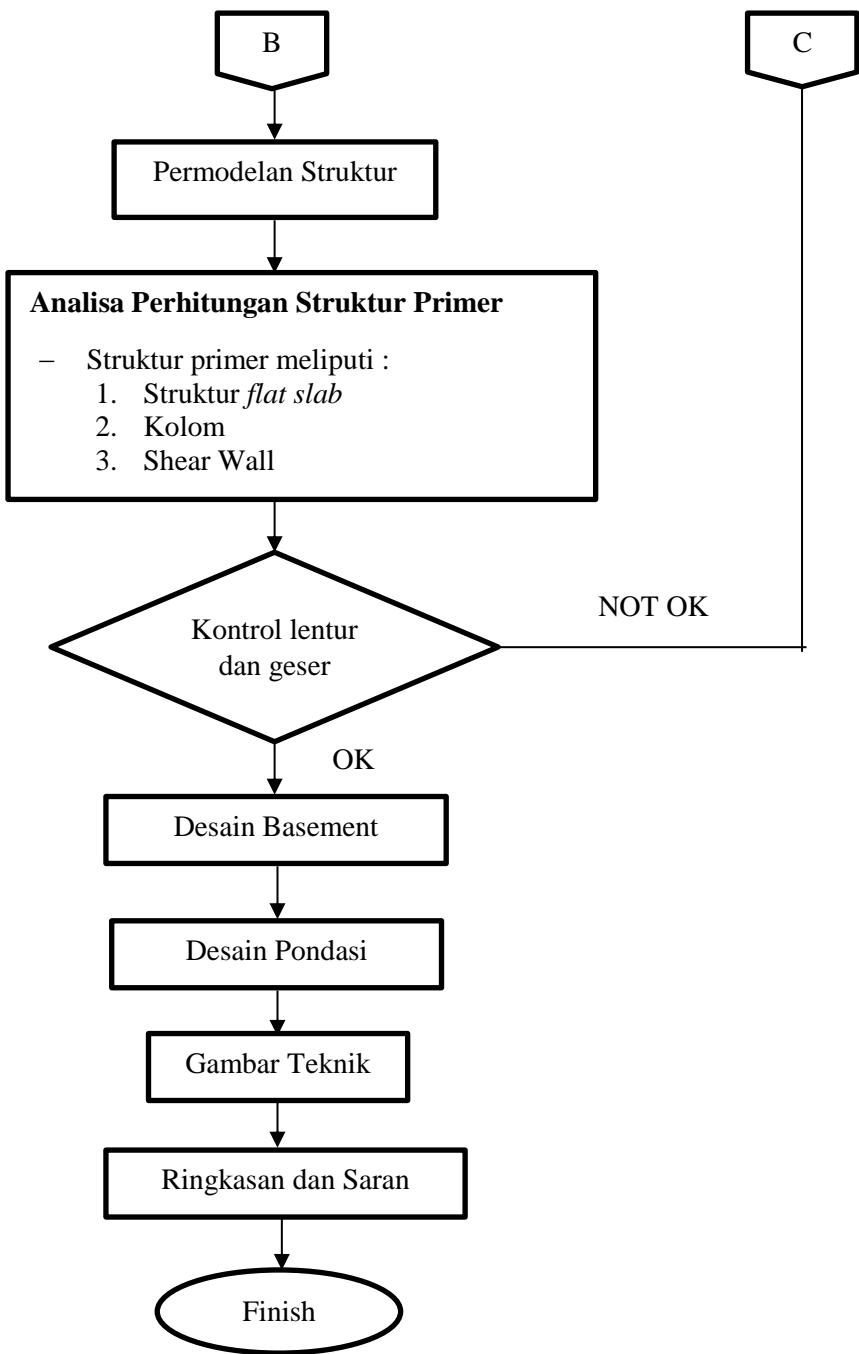
3.1 Umum

Dalam penyusunan Tugas Akhir, diperlukan langkah – langkah penggerjaan sesuai dengan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan data, pedoman perancangan, dan sampai tujuan akhir dari analisa struktur yang akan disajikan. Hal ini bertujuan agar penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan baik.

3.2 Diagram Alir Metodologi







Gambar 3 1 Diagram Alur Metodologi

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada Desain ini dimulai dengan pengumpulan literatur tentang elemen – elemen gedung. Kemudian pengumpulan data proyek yaitu data bangunan, data tanah dan gambar pra-rencana bangunan.

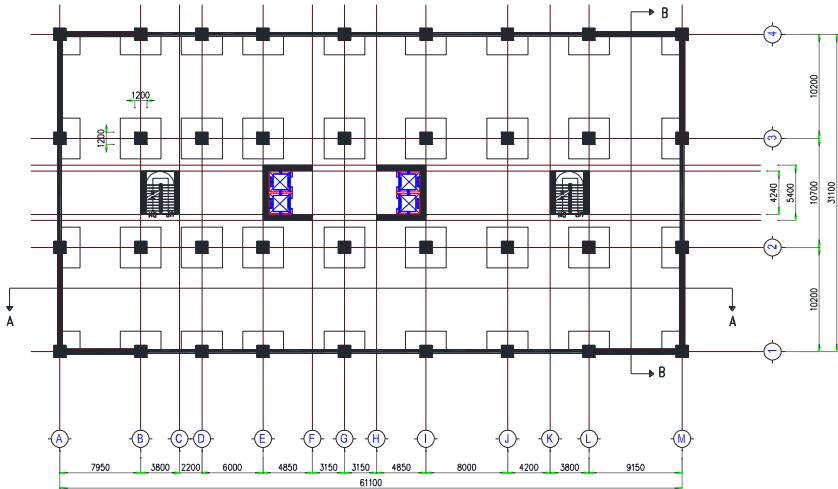
3.3.1 Data Bangunan

- Spesifikasi bangunan sebelum dimodifikasi :

Nama bangunan	: Gedung Apartemen One East
Fungsi bangunan	: Apartemen
Jumlah lantai	: 31 lantai
Bahan struktur	: Beton Bertulang
Struktur	: RPMB (Rangka Pemikul Momen Biasa) dengan Metode konvensional

- Spesifikasi bangunan sesudah dimodifikasi :

Nama bangunan	: Gedung Apartemen One East
Fungsi bangunan	: Apartemen
Jumlah lantai	: 20 lantai
Bahan struktur	: Beton Bertulang
Struktur	: Sistem struktur <i>Flat Slab</i> dengan penambahan Shear Wall



Gambar 3 2 Denah Apartement One East

(Sumber : Data Desain Gedung Apartement One East)

3.3.2 Data Tanah

Tujuan penyelidikan tanah dasar setempat guna menunjang Desain pondasi yang aman dan efisien. Data tanah tersebut berupa hasil tes N-SPT data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dengan menggunakan beberapa buku pustaka atau peraturan mengenai perancangan struktur *Flat Slab* dan struktur gedung secara umum yang akan sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya:

3.4.1 Peraturan Yang Digunakan

1. SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

2. SNI 1726-2012 Tata Cara Desain Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.
3. SNI 1727 – 2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain
4. PPIUG – 1983 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung.

3.5 Desain Struktur Sekunder

3.5.1 Desain Tangga

Tangga meliputi anak tangga dan bordes yang bekerja sebagai suatu kesatuan dan diasumsikan menerima beban seperti halnya pelat lantai. Anak tangga dianggap sebagai beban terhadap pelat tangga dan tidak menyumbangkan nilai kekakuan. Perhitungan pelat tangga diambil sebagai harga tebal ekivalen pelat tangga dan anak tangga.

Tangga yang merupakan bagian dari struktur sekunder hanya direncanakan untuk kuat menerima beban yang langsung diterimanya dan menyalurkan ke struktur utama. Jadi struktur sekunder dianggap tidak berperan dalam menentukan ketahanan atau kekuatan gedung secara keseluruhan.

3.5.1.1 Permodelan Struktur

Dalam tugas akhir ini tipe tangga yang dimodelkan yakni dengan perletakan sendi - rol. Dengan asumsi tersebut diharapkan diperoleh pendekatan yang cukup baik terhadap perilaku struktur terhadap gempa. Sedangkan untuk konstruksi tangga ada 2 macam asumsi perhitungan yaitu sebagai balok tipis (frame) dan sebagai pelat (shell), dan pada tugas akhir ini tangga dianggap sebagai frame.

Pada bagian tumpuan bordes akan dibuat perletakan sendi – roll dimana akan ada balok tumpuan untuk bordes yang pada saat pengecoran tidak dicor secara monolit dan pada perletakan diberi bearing pad untuk

menjamin kebebasan bertranslasi pada saat terjadinya gempa kuat. Sehingga pelat bordes dapat bergeser diatas balok tumpuan tersebut tanpa mengalami kekangan akibat defleksi yang terjadi pada sistem portal gedung.

3.5.1.2 Prosedur Desain Tangga

Langkah – langkah dalam Desain tangga adalah sebagai berikut :

1. Desain desain awal tangga

Melibuti perhitungan mencari lebar dan tinggi injakan tangga, dan tebal pelat ekivalen. Dalam mencari kemiringan dan tinggi injakan yang baik adalah :

$$60 \text{ cm} \leq 2t+1 \leq 65 \text{ cm}$$

Dimana :

$$t = \text{tinggi injakan}$$

$$I = \text{lebar injakan}$$

$$A = \text{sudut kemiringan tangga } (25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ)$$

2. Pembebanan yang terjadi pada tangga
3. Perhitungan gaya – gaya dalam
4. Perhitungan penulangan

3.6 Preliminary Design

3.6.1 Preliminary Design Flat Slab

Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.3.3 Tabel 9.5(c).

3.6.2 Preliminary Design Struktur Kolom

Untuk komponen struktur yang terkena beban aksial dan beban aksial dengan lentur, faktor reduksi yang digunakan (Φ), seperti tercantum dalam SNI-2847-2013 Pasal 9.3.2.2

adalah 0.65. Kemudian luas dimensi kolom dapat didesain dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana: A = luas kolom rencana

W = Beban total terfaktor

F'c = mutu beton (MPa)

3.6.3 Desain Dimensi Shear Wall

SNI-2847-2013 Pasal 22.6.6.2 menyebutkan bahwa tebal dinding selain dinding basemen luar dan dinding pondasi, tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari 1/24 tinggi atau panjang tak tertumpu, yang mana yang lebih pendek atau tidak boleh kurang dari 140 mm.

$$\text{Tebal rencana dinding} \geq \frac{H}{24}$$

$$\text{Tebal rencana dinding} \geq \frac{L}{24}$$

$$\text{Tebal rencana dinding} \geq 140 \text{ mm}$$

Dimana : H = Tinggi total dinding

L = Panjang bentang dinding

3.7 Pembebanan

Penggunaan beban yang ada mengikuti peraturan SNI 1727 – 2013 dan kombinasi pembebanan menggunakan SNI 1726 : 2013 Pasal 4.2.2 antara lain :

3.7.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur, dinding, pelat, serta berat peralatan layan yang mengacu pada SNI 1727 – 2013 Pasal 3.1.1 dan PPIUG 1987.

3.7.2 Beban Hidup

Beban hidup untuk Desain struktur diambil dari SNI 1727 : 2013.

3.7.3 Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan sesuai SNI – 1726 – 2012, dimana gempa yang digunakan merupakan gempa dinamik, karena bangunan mempunyai ketidakberaturan horizontal.

Pada tugas akhir ini digunakan analisis gempa dengan menggunakan respon spectrum. Perhitungan nilai V, menggunakan V statik, yaitu dengan rumus sebagai berikut L (SNI 1726 – 2012 Pasal 7.8.1)

$$V = C_s \times W$$

Dimana : C_s = koefisien respon seismik

W = berat seismik efektif

Tahapan yang harus dilakukan untuk memperoleh nilai V adalah sebagai berikut :

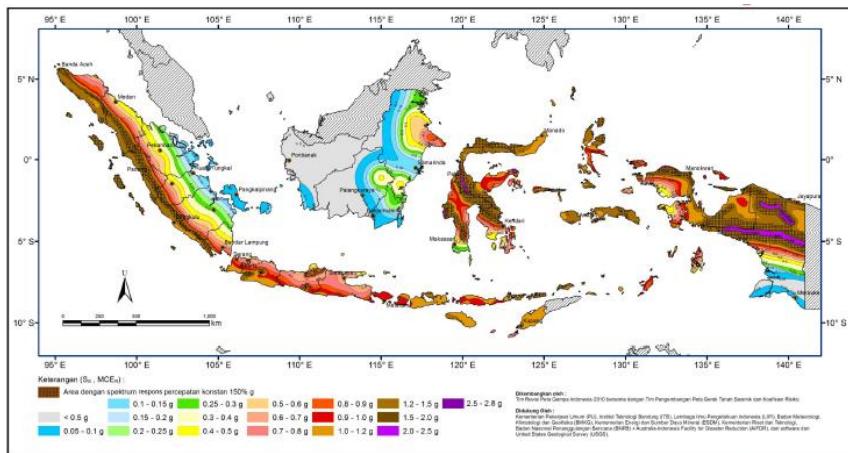
1. Menentukan kategori resiko bangunan

Penentuan kategori resiko bangunan terdapat pada tabel 2.6 SNI 1726 - 2012, maka gedung apartemen One East termasuk dalam kategori II.

2. Menentukan faktor keutamaan gempa

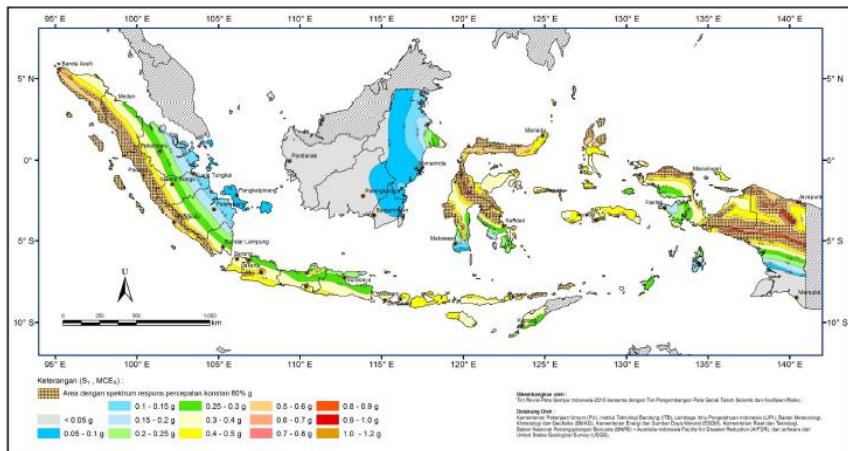
Faktor keutamaan gempa dapat diketahui nilainya tergantung pada resiko bangunan, karena kategori resiko gedung apartemen One East berada pada kategori II maka nilai I_e adalah 1,0.

3. Menentukan nilai S_s dan S_i



Gambar 3 3 Peta Zona Gempa Indonesia (Ss)

(Sumber : SNI 1726 – 2012, Gambar 9)



Gambar 3 4 Peta Zona Gempa Indonesia (Si)

(Sumber : SNI 1726 – 2012, Gambar 10)

Nilai S_s untuk daerah Surabaya dapat dilihat pada gambar adalah 0,663.

Nilai S_i untuk daerah Surabaya dapat dilihat pada gambar adalah 0,247.

4. Menentukan nilai F_a dan F_v sesuai tabel 2.8 dan 2.9 pada SNI 1726 – 2012.
5. Menentukan nilai SMS dan SMI dengan rumus pada persamaan 2.8 dan 2.9.

$$SMS = F_a \times S_s$$

$$SMI = F_v \times S_i$$

6. Menghitung parameter percepatan spektral desain, yakni nilai SDS dan SDI dengan persamaan di bawah ini :

$$SDS = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$SDI = \frac{2}{3} S_{MI}$$

7. Menentukan nilai T_o dan T_s

$$T_o = 0,2 \frac{S_{DI}}{SDS}$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{SDS}$$

8. Penentuan nilai S_a

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_o, spektrum respons percepatan desain, S_a, harus diambil dari persamaan :

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

- b. Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_o dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s, spektrum respons desain, S_a, sama dengan SDS.

- c. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

9. Kontrol Gaya Geser Dasar

Beban geser dasar nominal statik ekivalen adalah :

$$V = C_s \times Wt$$

Penentuan nilai C_s :

C_s maksimum

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

C_s hitungan

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

C_s minimum

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 SDS I \geq 0,01$$

Nilai C_s yang digunakan adalah nilai C_s yang terletak di interval antara nilai C_s minimum dan C_s maksimum. Sedangkan sistem penahan gaya seismik yang di gunakan adalah sistem dinding geser beton bertulang biasa , dimana memiliki nilai koefisien modifikasi respons (R) = 6 sesuai tabel 9 SNI-1726-2012 Pasal 7.2.2 .

10. Kontrol simpangan antar lantai (Drift) ditentukan sesuai dengan SNI-1726-2012 melalui persamaan :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_x}{I}$$

Dimana : δ_x = defleksi pada lantai ke $-x$

C_d = faktor pembesaran defleksi

tabel 2.8 SNI 1726-2012

I = faktor keutamaan gedung

Untuk struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, drift dibatasi sebesar : $\Delta = 0,02hsx$

3.7.4 Kombinasi Pembebatan

Beban – beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI-2847-2013 pasal 9.2.1 sehingga struktur memenuhi syarat keamanan. Berikut adalah kombinasi pembebanan yang akan dilakukan dalam Desain :

$$U = 1,4 D$$

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

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

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

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

Di mana: U = beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

3.8 Analisa Struktur Utama

Analisa struktur utama menggunakan ETABS V2016 untuk mendapatkan reaksi – reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama. Pada analisa ini digunakan pembebatan gempa dinamik, sehingga menggunakan analisa respon dinamik sesuai ketentuan SNI-1726-2012.

3.8.1 Kontrol Permodelan Struktur

Kontrol permodelan struktur dilakukan setelah memperoleh analisa dari program bantu ETABS, hal ini dilakukan agar mengetahui desain yang dilakukan telah

memenuhi syarat keamanan dan sesuai dengan standar yang terdapat pada peraturan. Kontrol permodelan struktur yang dilakukan sebagai berikut :

1. Melakukan pengecekan antara perhitungan manual dan perhitungan dengan menggunakan program bantu ETABS V2016, selisih keakuratan antara kedua metode $\pm 5\%$
2. Menghitung partisipasi massa, dengan syarat partisipasi massa $\geq 90\%$
3. Menghitung Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)
4. Menghitung base shear statik, harus memenuhi ketentuan yang ada $\pm 85\%$
5. Menghitung simpangan yang terjadi.
6. Menghitung Sistem Rangka Gedung

3.9 Desain Struktur Utama

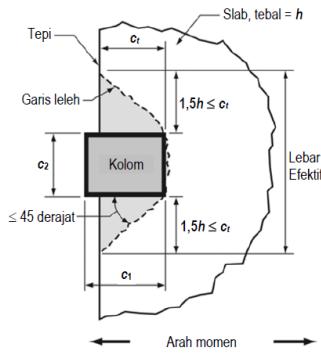
Desain struktur yang digunakan merupakan konsep desain yang akan digunakan pada perhitungan Desain gedung.

3.9.1 Desain Kolom

Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda – tanda peringatan terlebih dahulu dan bersifat mendadak. Oleh karena itu, dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada komponen struktur lainnya. Untuk sistem struktur menggunakan *Flat Slab* perlu ditinjau momen pada daerah kolom sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.3.5.1.

3.9.1.1 Momen pada jalur kolom

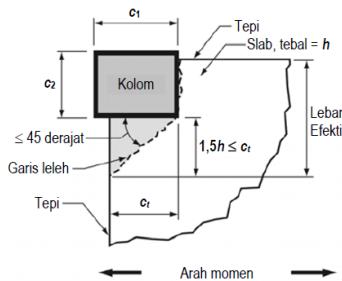
Momen slab terfaktor pada tumpuan termasuk pengaruh gempa, E, tulangan yang disediakan untuk menahan Mslab harus ditempatkan dalam lajur kolom yang didefinisikan dalam gambar berikut :



(a) Sambungan tepi

Gambar 3 5 Lebar efektif untuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut.

(Sumber : SNI 2847 – 2013 Gambar S21.3.6.1)



(b) Sambungan sudut

Gambar 3 6 Lebar efektif untuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut.

(Sumber : SNI 2847 – 2013 Gambar S21.3.6.1)

3.9.1.2 Desain penulangan kolom

Komponen struktur yang dibebani aksial harus didesain terhadap momen maksimum yang mungkin menyertai beban aksial. Momen terfaktor maksimum Mu

harus diperbesar untuk memperhitungkan pengaruh kelangsungan sesuai dengan 10.10 (SNI 2847:2013 Pasal 10.3.7).

Untuk komponen struktur tekan dengan penampang lebih besar dari yang diperlukan oleh peninjau pembebanan, maka diijinkan mendasarkan tulangan minimum dan kekuatan pada luas efektif tereduksi Ag tidak kurang dari setengah luas total. Ketentuan ini berlaku untuk rangka momen khusus atau dindin struktur khusus di desain sesuai dengan pasal 21.

3.9.1.2.1 Batasan untuk tulangan komponen struktur tekan

1. Luas tulangan longitudinal, A_{st} , untuk komponen struktur tekan non – komposit tidak boleh kurang dari $0,01Ag$ atau lebih dari $0,08 Ag$. Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi empat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat tiga, dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral yang memenuhi pasal 10.9.3 SNI 2847 – 2013.
2. Rasio volume tulangan spiral, ρ_s , tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \frac{f_c}{f_yt}$$

Dimana nilai f_yt yang digunakan dalam persamaan tidak boleh melebihi 700 MPa. Untuk f_yt lebih besar dari 420 MPa, sambungan lewatan menurut pasal 7.10.4.5 (a) tidak boleh digunakan.

3.9.2 Desain Struktur *Flat Slab*

3.9.2.1 Penulangan slab dua arah tanpa balok

Agar memenuhi syarat lendutan, tebal pelat pelat minimum harus dihitung sesuai (SNI 2847 – 2013) pasal

13.3. Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan Tabel (3.1) dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

1. Tanpa panel drop (drop panels).....125 mm (9.5.3.2)
2. Dengan panel drop (drop panels)...100 mm (9.5.3.2)

Tabel 3 1 Tebal minimum pelat

Tegangan leleh, f_y MPa [†]	Tanpa penebalan [‡]			Dengan penebalan [‡]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

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

(Sumber : SNI 2847 : 2013 Tabel 9.5 (c))

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimum h , harus memenuhi ketentuan kriteria berikut :

- a. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan (9.5.3.2)
- b. $0.2 \leq \alpha_{min} \leq 2$, maka nilai h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \text{ dan } \geq 125 \text{ mm}$$

- c. $\alpha_{min} \geq 2$, maka nilai h

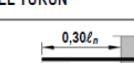
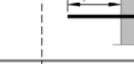
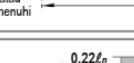
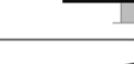
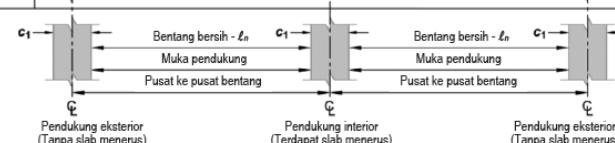
$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \text{ dan } \geq 90 \text{ mm}$$

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_f tidak kurang dari 0,8 atau sebagai ketebalan minimum yang ditentukan oleh persamaan poin 2) dan 3) harus dinaikkan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

3.9.2.2 Sebagai tambahan terhadap persyaratan lain, tulangan pada slab tanpa balok harus mempunyai perpanjangan minimum seperti pada Tabel (3.2).

Bila bentang – bentang di sebelahnya tidak sama, perpanjangan tulangan momen negatif yang melewati muka tumpuan seperti yang ditetapkan pada gambar (3.7) harus didasarkan pada persyaratan bentang yang lebih panjang.

Tabel 3.2 Detail Perpanjangan minimum untuk tulangan pada slab tanpa balok

LAJUR	LOKASI	A_s MINIMUM PADA PENAMPANG	TANPA PANEL TURUN	DENGAN PANEL TURUN
LAJUR KOLOM	ATAS	SISA 50%		
	BAWAH	100%		
LAJUR TENGAH	ATAS	100%		
	BAWAH	SISA 50%		
				

(Sumber : SNI 2847 : 2013 Gambar 13.3.8)

Penulangan slab dua arah tanpa balok harus memenuhi ketentuan SNI 2847 : 2013 Pasal 21.3.6, yakni :

- a. Tulangan yang ditempatkan dalam lebar efektif yang ditetapkan dalam 13.5.3.2 harus dipropsikan untuk menahan yfM_{slab} . Lebar slab efektif untuk sambungan eksterior dan sudut tidak boleh menerus melewati muka kolom jarak lebih besar dari C_t yang diukur tegak lurus terhadap bentang slab.
- b. Tidak kurang dari setengah tulangan pada jalur kolom di tumpuan harus ditempatkan dalam lebar slab efektif yang diberikan pada persamaan
- c. Tidak kurang dari seperempat tulangan atas di tumpuan pada lajur kolom harus menerus sepanjang bentang
- d. Tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga tulangan atas di tumpuan pada lajur kolom.
- e. Tidak kurang dari setengah dari semua tulangan lajur tengah bawah dan semua tulangan lajur kolom bawah di tengah bentang harus menerus dan harus mengembangkan F_y di muka tumpuan seperti didefinisikan dalam 13.6.25.
- f. Pada tepi slab yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada tumpuan harus disalurkan di muka tumpuan seperti didefinisikan dalam pasal 13.6.2.5
- g. Pada penampang kritis untuk kolom yang didefinisikan dalam 11.11.1.2, geser dua arah yang diakibatkan oleh beban gravitasi terfaktor tidak boleh melebihi $0,4\emptyset V_c$, dimana V_c harus dihitung seperti didefinisikan dalam 11.11.2.1 untuk slab buka prategang dan dalam.

3.9.3 Desain Shear Wall

Dinding Geser atau Shear Wall merupakan elemen untuk menahan gaya lateral yang dipengaruhi oleh gempa. Detail penulangan dinding geser harus memenuhi persyaratan yang tercantum pada SNI 2847:2013 Pasal 21.4.

3.10 Desain Basement

Desain basement pada Apartement One East meliputi perhitungan penulangan pelat basement dengan kriteria sebagai berikut :

1. Penulangan Pelat Lantai Basement

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 2847:2013.

3.11 Desain Struktur Pondasi

3.11.1 Desain Pondasi

Pada prosesnya, beban dari struktur atas akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Umumnya terdapat dua macam pondasi yang sering dipakai dalam konstruksi gedung, yaitu pondasi dangkal (shallow foundations) dan pondasi dalam (deep foundations). Pondasi dangkal umumnya digunakan untuk kasus-kasus konstruksi gedung sederhana (1 sampai 3 lantai) dengan beban standard dan bentang pendek. Beberapa contoh pondasi dangkal adalah pondasi batu kali, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan untuk kasus gedung tingkat tinggi tentu menggunakan pondasi dalam seperti : pondasi tiang pancang (pilecap foundation) dan pondasi tiang bore (bore pile).

Pondasi pada gedung pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan tiang pancang beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertikal menggunakan formula dari Luciano Decourt, sedangkan kekuatan lateral dihitung dengan formula dari Sosrodaryono dan Nakazawa (2000). Pondasi dikontrol terhadap kekuatan bahan dan kekuatan tanah.

3.11.2 Desain Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Desain struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data SPT (*Standart Penetration Test*). Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal, terdapat dua keadaan yang menentukan yaitu kekuatan bahan yang berdasarkan brosur dari tiang pancang WIKA dan kekuatan tanah yang memakai metode Luciano Decourt (1982, 1996):

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

di mana:

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_p = Daya dukung pada dasar pondasi

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

q_p = tegangan ujung tiang

A_p = Luas penampang dasar tiang

$\overline{N_p}$ = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga

4D di bawah dasar tiang pondasi (D= diameter pondasi) = $\sum_{i=1}^n N_i / n$

K = Koefisien karakteristik tanah

- 12 t/m^2 , untuk lempung
- 20 t/m^2 , untuk lanau berlempung
- 25 t/m^2 , untuk lanau berpasir
- 40 t/m^2 , untuk pasir

Q_s = Daya dukung akibat lekatan lateral

$$Q_s = q_s \cdot A_s = (N_s / 3 + 1) \cdot A_s$$

di mana,

q_s = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

$\overline{N_s}$ = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

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

3.11.3 Desain Desain Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), Horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2}$$

di mana,

- P_v = beban vertikal ekivaken
- V = beban vertikal dari kolom
- n = banyaknya tiang dalam grup
- M_x = momen terhadap sumbu x
- M_y = momen terhadap sumbu y
- x_{\max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- y_{\max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- $\sum x^2$ = jumlah kuadrat dari absis tiap tiang terhadap garis netral group
- $\sum y^2$ = jumlah kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

3.11.4 Desain Tebal Poer

Kuat geser nominal beton harus lebih besar dari gaya geser pons untuk memenuhi persyaratan Desain tebal poer yang diambil yang terkecil pada persamaan:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{1}{6} b_o d \sqrt{f'_c}$$

$$V_c = \frac{1}{3} b_o d \sqrt{f'_c}$$

di mana:

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis = $4.(0,5.d + b \text{ kolom} + 0,5.d)$

Untuk memenuhi syarat akan kebutuhan tebal poer dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\phi V_c > V_u$$

di mana:

$$\phi = 0,75$$

V_c = kuat geser pons beton

V_u = gaya gesert akibat kolom

3.11.5 Desain Penulangan Lentur

Desain tulangan lentur berdasarkan M_u yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut:

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

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

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

$$A_s = \rho bd$$

Dari formula di atas dapat menghasilkan kebutuhan tulangan yang memenuhi persyaratan beban yang ada.

3.12 Gambar Teknis Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil Desain dan perhitungan menggunakan software AutoCAD.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA STRUKTUR

4.1 Data Desain

4.1.1 Data Gedung

Desain Gedung Apartemen One East menggunakan sistem *Flat Slab*. Data bangunan yang akan digunakan dalam penggerjaan Tugas Akhir yaitu :

- Tipe Bangunan : Gedung Apartemen
- Lokasi : Surabaya
- Ketinggian Lantai
 - Basement : 4 m
 - Ground Floor : 4,5 m
 - Lantai 1 – 19 : 3,4 m
- Luas Lantai : $\pm 1842,586 \text{ m}^2$
- Tinggi Total Bangunan : $\pm 69,7 \text{ m}$
- Mutu Beton ($f'c$) : 40 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
- Data Tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir

4.1.2 Pembebanan

1) Beban Gravitasi

Beban Mati

- Berat Waterproofing : 0,05 kN/m²
- Plafond : 0,11 kN/m²
- Penggantung : 0,07 kN/m²
- Adukan finishing (spesi) : 0,21 kN/m³
- Tegel : 0,24 kN/m²
- Dinding partisi : 0,72 kN/m³
- Pumbing + ducting : 0,30 kN/m²

Beban Hidup

- Lantai Atap : 0,96 kN/m²

- Lantai Apartemen : 1,92 kN/m²
- Lantai Ground Floor : 4,79 kN/m²

2) Beban Gempa

Desain dan perhitungan struktur terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2012.

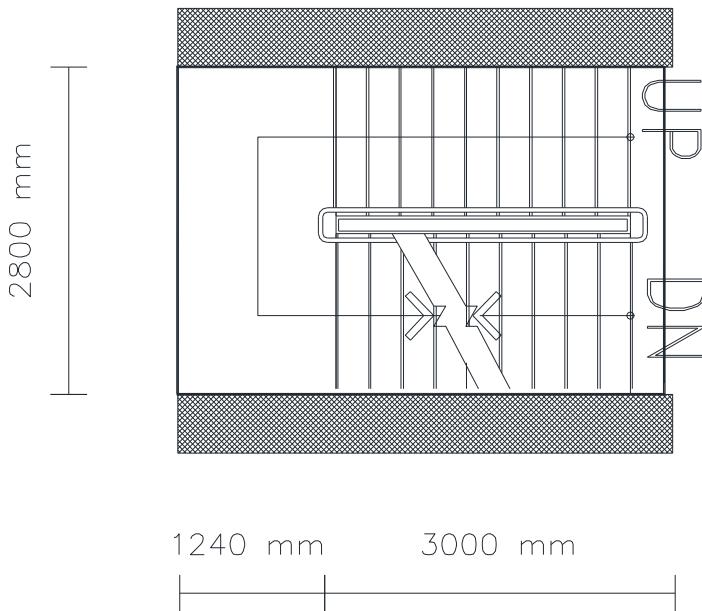
4.2 Desain Struktur Sekunder

Analisis Perhitungan struktur sekunder yang akan dibahas pada bab ini diantaranya adalah perancangan tangga, balok bordes dan perancangan balok elevator.

4.2.1 Desain Tangga

Tangga akan didesain dengan meletakan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga seperti pada Gambar 4.1 data desain sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 340 cm
- Panjang bordes = 280 cm
- Lebar bordes = 124 cm
- Lebar injakan = 30 cm
- Tinggi tanjakan = 15 cm
- Lebar tangga = 130 cm
- Tebal pelat tangga = 15 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm



Gambar 4.1 Denah Tangga

Dengan acuan denah tangga pada Gambar 4.1, untuk jumlah tanjakan, injakan, sudut kemiringan tangga, tebal pelat rata-rata anak tangga, dan tebal rata-rata pelat tangga dihitung berdasarkan setengah tinggi dari tinggi antar lantai.

- Jumlah tanjakan (nt) :
$$nt = \frac{170}{15} = 11,33 \text{ buah} \approx 11 \text{ buah}$$
- Jumlah injakan (n) :
$$n = nt - 1 = 11 - 1 = 10 \text{ buah}$$
- Sudut kemiringan
(α) : $\tan^{-1}(170 \text{ cm}/300 \text{ cm}) = 29,5^\circ$

- Tebal pelat rata-rata anak tangga (Tr)

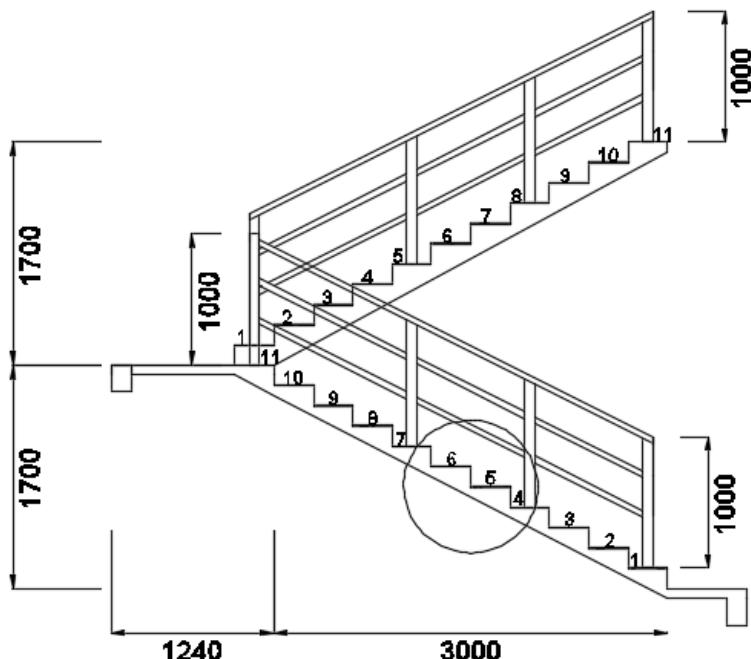
$$(tr \text{ a.tangga}) : (\frac{\text{1 injakan}}{2}) \times \sin \alpha = (\frac{30}{2}) \times \sin 29,5^\circ$$

$$: 7,4 \text{ cm}$$
- Tebal pelat rata-rata

$$(tp) = Tr + \text{Tebal Pelat tangga}$$

$$= 7,4 \text{ cm} + 15 \text{ cm}$$

$$= 22,4 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}$$



Gambar 4 2 Potongan Tangga

4.2.1.1 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur

- Pembebanan Pelat Tangga
Beban Mati (DL)

$$\begin{array}{lll}
 \text{Pelat Tangga} & = \frac{0,23}{\cos \alpha} \times 2400 & = 496,54 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Tegel 1 cm} & = 1 \times 24 & = 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi 2 cm} & = 2 \times 21 & = 42 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total} & & = 562,54 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Qd} & = 562,54 \times 1,3 & = 731,302 \text{ kg/m} \\
 \text{Sandaran} & = & = 30 \text{ kg/m} \\
 \text{Qdl} & = \hline & = 761,302 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Beban Hidup (LL)

Beban hidup tangga LL = $479 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 = 622,7 \text{ kg/m}$

Kombinasi Beban

$$\begin{aligned}
 \text{Qu} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\
 &= 1.2 (761,302) + 1.6 (622,7) \\
 &= 1909,88 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\begin{array}{lll}
 \text{Pelat Bordes} & = 0,15 \times 2400 & = 360 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Tegel 1 cm} & = 1 \times 24 & = 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi 2 cm} & = 2 \times 21 & = 42 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Qd} & = \hline & = 426 \text{ kg/m}^2
 \end{array} +$$

Beban Hidup (LL)

Beban hidup tangga LL = 479 kg/m^2

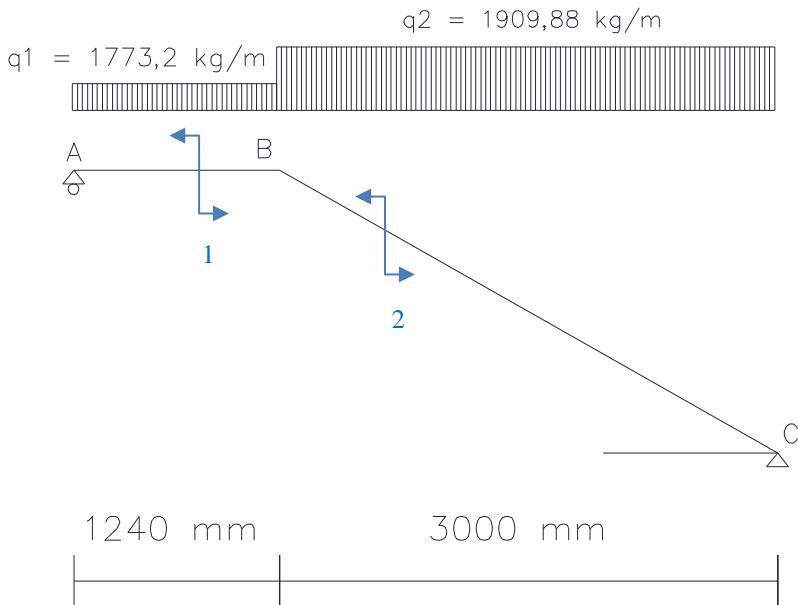
Kombinasi Beban

$$\begin{aligned}
 \text{Qu} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\
 &= 1.2 (426) + 1.6 (479) \\
 &= 1364 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Qu} &= 1364 \times 1,3 = 1773,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

4.2.1.2 Analisa Struktur Tangga

a. Reaksi Perletakan Tangga

Analisa struktur tangga menggunakan metode statis tertentu dengan perletakan sendi-rol dengan kondisi pembebahan seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pembebahan Pada Tangga

$$\sum \mathbf{MC} = 0$$

$$R_A \times 4,24 - \left[1773,2 \times 1,24 \times \left(\frac{1,24}{2} + 3 \right) \right] - \left[1909,88 \times 3 \times \frac{3}{2} \right] = 0$$

$$R_A \times 4,24 - 7959,54 - 8594,46 = 0$$

$$R_A = \frac{16554}{4,24} = 3904,24 \text{ kg}$$

$$\sum \mathbf{MA} = 0$$

$$-R_c \times 4,24 + \left[1773,2 \times 1,24 \times \left(\frac{1,24}{2} \right) \right] + \left[1909,88 \times 3 \times \left(\frac{3}{2} + 1,24 \right) \right] = 0$$

$$-R_c \times 4,24 - 1363,24 - 15699,21 = 0$$

$$R_c = \frac{17062,45}{4,24} = 4024,163 \text{ kg}$$

b. Gaya Dalam Tangga

Akibat beban yang dibebankan pada tangga maka struktur tangga akan memiliki gaya-gaya akibat beban yang dibebankan seperti gaya normal, gaya lintang serta momen. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya tersebut :

1. Pada pelat bordes ($0 \leq x_1 \leq 1,24$)
 - **Gaya Lintang**

Potongan X1

$$DX_1 = RA - q_1 \times X_1 = 3904,24 - 1773,2 \times X_1$$

$$X_1 = 0 \text{ m} \quad DA = 3904,24 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1,24 \text{ m} \quad DB = 1705,47 \text{ kg}$$

- **Momen**

Potongan X1

$$MX_1 = RA \times X_1 - q_1 \times 0,5 \times X_1^2$$

$$= 3904,24 X_1 - 1773,2 \times 0,5 \times X_1^2$$

$$X_1 = 0 \text{ m}$$

$$MA = 0 \text{ kg-m}$$

$$X_1 = 1,24 \text{ m}$$

$$MB = 3478,021 \text{ kg.m}$$

2. Pada pelat tangga ($0 \leq x_2 \leq 3$)

- **Gaya lintang**

$$DX_2 = R_c \times \cos(29,54) - q_2 \times X_2 \times \cos(29,54)$$

$$X_2 = 0 \text{ m} \quad DB = 4024,163 \times \cos(29,54) = 3501,07 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} X_2 = 3 \text{ m} \quad DC &= 4024,163 \times \cos(29,54) - 1909,88 \times 3 \times \cos(29,54) \\ DC &= -1483,58 \text{ kg} \end{aligned}$$

– **Gaya normal**

$$\text{Titik B} = 1705,47 \text{ kg} \times \cos 29,54 = 1483,77 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik C} &= 1483,77 \text{ kg} - 1909,88 \text{ kg} \times \sin 29,54 \times 3 \\ &= -1341,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

– **Momen**

Potongan X2

$$MX_2 = RC \times X_2 - q_2 \times 0,5 \times X_2^2$$

$$MX_2 = 4024,163 \times X_2 - 1909,88 \times 0,5 \times X_2^2$$

$$X_2 = 0 \text{ m} \quad MC = 0 \text{ kg.m}$$

$$X_2 = 3 \text{ m} \quad MB = 3478,029 \text{ kg.m}$$

Momen Maksimum

Momen maksimum terjadi pada daerah yang nilai gaya lintang nol ($Dx = 0$)

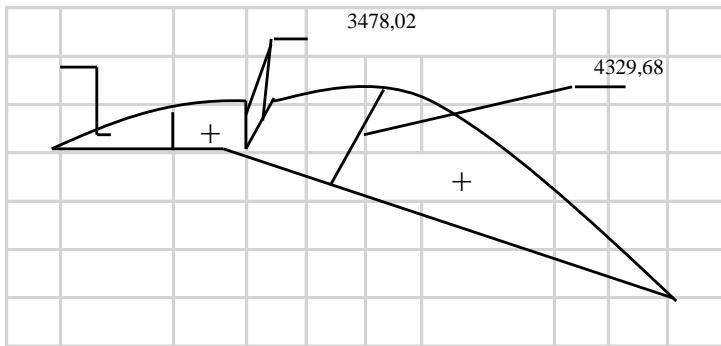
$$\begin{aligned} Dx &= -RC + q_2 \times X_2 = 0 \\ &= -4024,163 + 1909,8 \times X_2 = 0 \end{aligned}$$

$X = 2,107 \text{ m}$ dari titik C

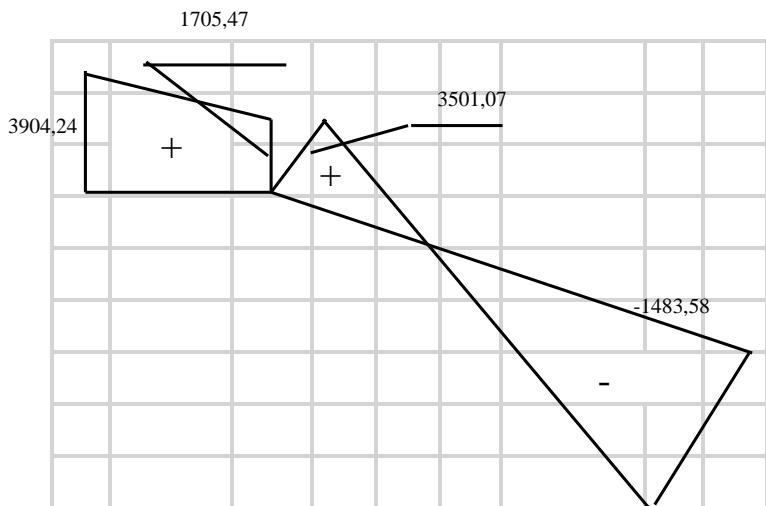
$$M_{max} = RC \times X_2 - q_2 \times 0,5 \times X_2^2$$

$$M_{max} = 4024,163 \times 2,107 - 1909,8 \times 0,5 \times 2,107^2$$

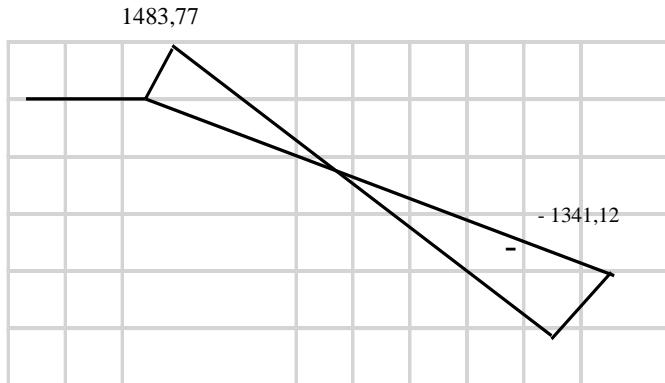
$$M_{max} = 4239,68 \text{ kg.m}$$



Gambar 4 4 Gaya Momen Pada Tangga



Gambar 4 5 Gaya Lintang Pada Tangga



Gambar 4 6 Gaya Normal Pada Tangga

4.2.1.3 Perhitungan Rasio Tebal Pelat

$$Ly = 326,95 \text{ cm}$$

$$Lx = 130 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Ly / Lx &= 326,951 \text{ cm} / 130 \text{ cm} \\ &= 2,515 > 2,00 \end{aligned}$$

Maka pelat tangga termasuk tipe pelat satu arah.

4.2.1.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan tangga berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada tiap bentang baik bagian pelat tangga maupun pelat bordes.

4.2.1.5 Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

Data perancangan tulangan :

$$\begin{aligned} Mu_{\max} &= 4329,68 \text{ kg-m} \\ &= 43296800 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat tangga} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

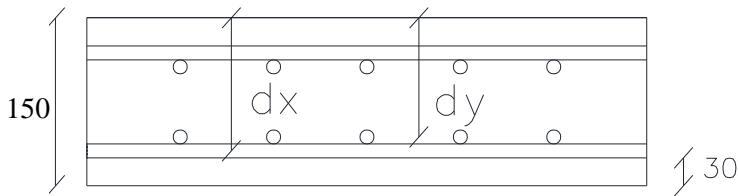
$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

Mutu baja (fy) = 400 MPa

Mutu beton (fc') = 30 MPa

H = 100 mm

B = 1300 mm



Gambar 4.7 Penulangan Pelat Tangga

$$Dx = 15\text{cm} - 3\text{cm} - (1/2 \cdot d)$$

$$= 15\text{cm} - 3\text{cm} - (1/2 \cdot d)$$

$$= 11,2 \text{ cm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7}$$

$$\beta_1 = 0,836 \text{ (untuk } f_c = 30 \text{ MPa)}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25x\sqrt{f_c}}{f_y} = 0.00376 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.00333$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0364$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0364 = 0,0273$$

$$\rho_{max} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

a. Penulangan Lentur

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{M_{max}}{b \times d^2} = \frac{43296800}{0,9 \times 1000 \times 112^2} = 2,76 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,76}{400}} \right) = 0,0073$$

Syarat

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0073 < 0,025$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0073$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0073 \times 1000 \times 112 \\ &= 1351,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 2h = 2 \cdot 150 = 300 \text{ mm}$$

$$n (\text{jumlah tulangan}) = \frac{1351,2}{201,12} = 6,71 = 7$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000}{7} = 142,85 \approx 140 \text{ mm}$$

$$S \leq S_{maks} [\text{OK}]$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \text{diameter}^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{140} \\ &= 1436,1566 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As perlu [OK]

Jadi dipakai tulangan lentur D16-140

As Tulangan Bagi = 20 % x As pakai

$$= 20\% \times 1436,156 \\ = 287,23 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D 10)} = \frac{1}{4} \pi \times 10^2 \\ = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{\text{As Tulangan Bagi}}{\text{As (D 10)}} \\ = \frac{287,23}{78,57} \\ = 3,65 = 4 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{4} \\ = 250 \text{ mm, digunakan jarak min s} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan bagi D 10 – 200 mm

b. Penulangan geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut ;

$$Bw = 1300 \text{ mm}$$

Cek kebutuhan tulangan :

$$Vu < 0,5 \varnothing Vc \dots \dots \dots \text{(Tidak Perlu Tulangan Geser)}$$

$$Vc = 0,17x\sqrt{fc} x bw x d$$

$$Vc = 0,17x\sqrt{30} x 1300 x 112 = 174307,2267 \text{ N}$$

$$0,5 \varnothing Vc = 0,5 x 0,75 x 174307,2267 = 65365,21 \text{ N}$$

$$Vu = 1483,77 \text{ kg} = 14837,7 \text{ N} < 0,5 \varnothing Vc$$

Jadi tidak perlu penulangan geser.

c. Penulangan susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0,0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$\text{As perlu} = 0,0018 x 1300 x 112 = 336,96 \text{ mm}^2$$

As tulangan 10 mm = 78,57 mm²

$$n (\text{jumlah tulangan}) = 336,96 / 78,57 = 4,288 \approx 5$$

$$\text{Jarak} = 1300/5 = 260 \approx 200 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

4.2.1.5 Kebutuhan Tulangan Pelat Bordes

Data perancangan tulangan :

$$\text{Mu max} = 3478,021 \text{ kg-m}$$

$$= 34780210 \text{ N-mm}$$

$$\text{Tebal pelat bordes} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

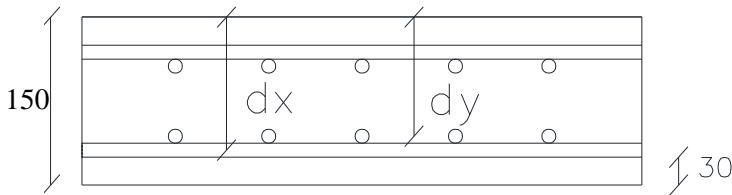
$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ MPa}$$

$$H = 100 \text{ mm}$$

$$B = 1300 \text{ mm}$$



Gambar 4 8 Penulangan Pelat Tangga

$$Dx = 15\text{cm} - 3\text{cm} - (1/2 \cdot d)$$

$$= 15\text{cm} - 3\text{cm} - (1/2 \cdot d)$$

$$= 11,2 \text{ cm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(F_{c'} - 28)}{7}$$

$$\beta_1 = 0,836 \text{ (untuk } f_c = 30 \text{ MPa)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25x\sqrt{f_c}}{f_y} = 0,0035 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0034$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,031\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (menentukan)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Direncanakan tulangan dengan diameter 12 mm (As = 113,04 mm²)

a. Penulangan Lentur

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{34780210}{0,9 \times 1000 \times 112^2} = 1,86 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,86}{400}} \right) = 0,0046$$

Syarat

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0046 < 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0046$$

$$\begin{aligned}
 As \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0046 \times 1000 \times 112 \\
 &= 606,437 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$Smaks = 2h = 2.150 = 300 \text{ mm}$$

$$n (\text{jumlah tulangan}) = \frac{606,437}{201,12} = 3,01 = 4$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000}{4} = 250$$

$S > S_{max}$, maka dipakai $S_{max} = 300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 As \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \text{diameter}^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{200} \\
 &= 1005,309 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat : $As \text{ pakai} > As \text{ perlu}$ [OK]

Jadi dipakai tulangan lentur D16-200

$$\begin{aligned}
 As \text{ Tulangan Bagi} &= 20\% \times As \text{ pakai} \\
 &= 20\% \times 1005,309 \\
 &= 201,0618 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As (D 10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= \frac{As \text{ Tulangan Bagi}}{As (D 10)} \\
 &= \frac{201,0618}{78,57} \\
 &= 2,55 = 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ tulangan} &= \frac{1000}{3} \\
 &= 333,33 \text{ mm, digunakan jarak min } s = 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan bagi D 10 – 200 mm

b. Penulangan geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut :

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

$$V_c = 0,17x\sqrt{30} x 2800 x 112 = 375430,95 \text{ N}$$

$$0,5 \varnothing V_c = 0,5 x 0,75 x 375430,95 = 140786,6 \text{ N}$$

$$V_u = 3904,24 \text{ kg} = 39042,4 \text{ N} < 0,5 \varnothing V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

c. Penulangan susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0,0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0018 x 2800 x 112 = 725,76 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ (jumlah tulangan)} = 725,76 / 78,57 = 9,237 \approx 10$$

$$\text{Jarak} = 2800/10 = 280 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

Tabel 4 1 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Susut	Bagi
Pelat Tangga	D16-140	D10-200	D10 -200
Pelat Bordes	D16-200	D10-200	D10 -200

4.2.2 Desain Balok Bordes

Desain balok bordes sesuai dengan SNI-2847-2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5a yakni balok bordes dianggap merupakan balok tertumpu sederhana. Sehingga untuk dimensi balok bordes dengan panjang (l) 2800 mm didapatkan :

$$h = \frac{1}{16} \times \frac{3800}{16} = 237,5 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

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

Untuk desain awal balok bordes digunakan ukuran balok 200×300 mm.

4.2.2.1 Desain Balok Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat bordes} = 2,8 \times 1,24 \times 2400 = 851,673 \text{ kg/m}$$

+

$$Q_d = 995,67 \text{ kg/m}$$

$$Q_{du} = 1,2 \times Q_d = 1194,80 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$Q_l = 479 \text{ kg/m}^2 \times 2,8 = 1341,2 \text{ kg/m}$$

$$Q_{lu} = 1,6 \times Q_l = 2145,92 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = Q_{du} + Q_{lu} = 3340,72 \text{ kg/m}$$

Data Perencanaan Penulangan

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

$$F'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$D_x = 300 - 30 - 10 - (1/2 \cdot 12)$$

$$= 254 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Penulangan Lentur Balok Bordes

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{16} qu \times L^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 3340,72 \times 2,8^2 \\ &= 1636,95 \text{ kg-m} = 16369500 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_{max}}{b \times d y^2} = \frac{16369500}{0,9 \times 200 \times 254^2} = 1,409$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,409}{400}} \right) = 0,00342$$

Syarat

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00342 < 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 200 \times 254 = 177,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } As \text{ perlu} = 177,8 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan D-12 mm ($A_{D12} = 113,097 \text{ mm}^2$).

$$n (\text{jumlah tulangan}) = \frac{177,8}{113,14} = 1,57 \sim 2 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} = n \times As \text{ tulangan} = 226,194 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} [\text{OK}]$$

Jadi dipakai tulangan lentur tumpuan 2 D12

- Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{11} qu \times L^2 \\ &= \frac{1}{11} \times 3340,72 \times 2,8^2 \\ &= 2381,022 \text{ kg-m} = 23810220 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_{max}}{b \times d y^2} = \frac{23810220}{0,9 \times 200 \times 254^2} = 2,05$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ \rho &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,05}{400}} \right) = 0,00534 \end{aligned}$$

Syarat

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00534 < 0,025$$

$$\rho_{pakai} = 0,00534$$

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

$$= 0,00534 \times 200 \times 254 = 271,272 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } As \text{ perlu} = 271,272 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan D-12mm ($A_{D12} = 113,097 \text{ mm}^2$).

$$n (\text{jumlah tulangan}) = \frac{271,272}{113,14} = 2,397 \approx 3 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} = n \times As \text{ tulangan} = 339,291 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} [\text{OK}]$$

Jadi dipakai tulangan lentur lapangan 3 D12

Penulangan Geser

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja, besarnya nilai V_c menurut SNI 2847 : 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 45439,063 \text{ N}$$

$$0,5 \varnothing V_c = 17039,64 \text{ N}$$

$$V_u = 0,5 \times Q_u \times L = 4677,008 \text{ kg} = 46770,08 \text{ N}$$

$$0,5 \varnothing V_c < V_u$$

Kekuatan geser balok tidak mencukupi, jadi harus dipasang tulangan geser minimum.

$$V_s \min = \frac{V_u}{\varnothing}$$

$$V_s \min = \frac{46770,08}{0,75} = 62360,10 \text{ N}$$

Digunakan D-10, dua kaki ($A_v=157,08 \text{ mm}^2$) pada jarak maksimum berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.4.7.9 :

$$S \text{ maks} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157,4 \times 400 \times 254}{62360,10} = 256,44 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$ (dipasang sengkang D10-100).

Tabel 4 2 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes

Nama Struktur	Tulangan	
	Lentur	Geser
Balok Bordes	D12	D10 - 100

4.2.3 Desain Lift dan Balok Penggantung Lift

4.2.3.1 Data Desain

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

Tipe Lift : Passenger Elevator

Brand : Hyundai Elevator

Kapasitas : 1000 Kg

Kecepatan : 105 m/min

Dimensi sangkar (car size)

- Car Wide (CW) : 1660 mm
- Car Depth (CD) : 1655 mm
- Opening : 900 mm

Dimensi ruang luncur (Hoistway)

- Hoistway width (HW) : 4200 mm
- Hoistway Depth (HD) : 2130 mm

Beban reaksi ruang mesin

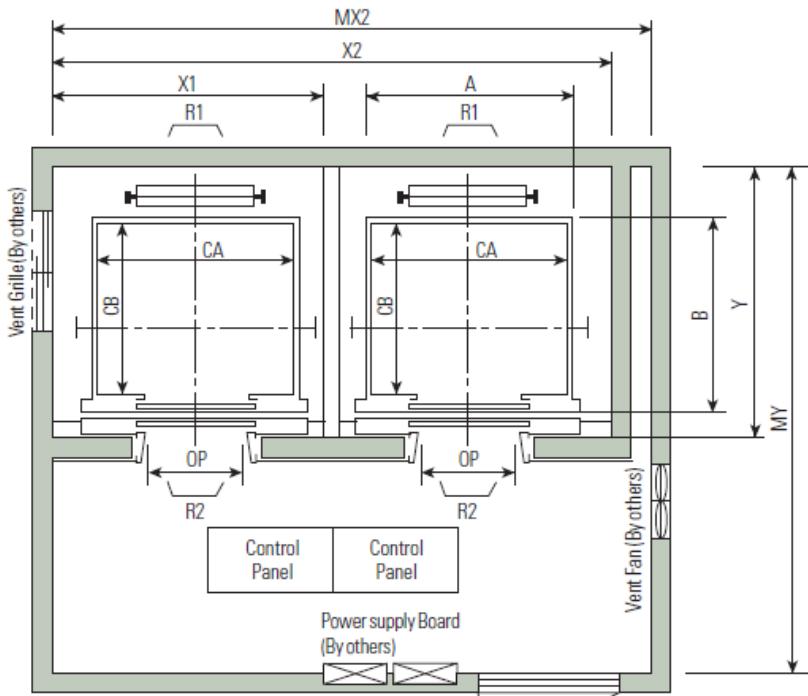
R1 : 5450 kg

R2 : 4300 kg

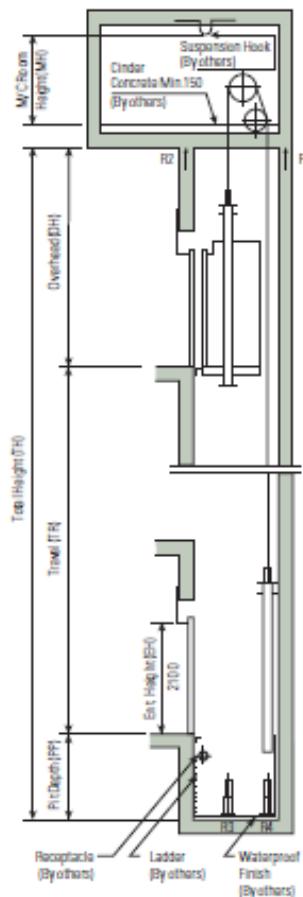
Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi lift berikut disajikan dalam tabel 4.3 :

Tabel 4 3 Spesifikasi Mesin Lift Hyundai

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)	Pit Reaction (kg)					
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY						
														R1	R2	R3	R4			
1.0	6	450	800	1400×850	1460×1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300			
	8	550	800	1400×1030	1460×1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700			
	9	600	800	1400×1100	1460×1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900			
	10	700	800	1400×1250	1460×1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200			
	11	750	800	1400×1350	1460×1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400			
	13	900	900	1600×1350	1660×1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100			
	1.5	15	1000	900	1600×1500	1660×1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400		
					1000	1800×1500	1900×1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900		6600	5100	10800	8500



Gambar 4 9 Denah Lift



Gambar 4 10 Potongan Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dengan data sebagai berikut :

W	$= 49,6 \text{ kg/m}$	t_w	$= 7 \text{ mm}$	Z_x	$= 841 \text{ cm}^3$
A	$= 63,14 \text{ cm}^2$	t_f	$= 11 \text{ mm}$	I_x	$= 13600 \text{ cm}^4$
d	$= 350 \text{ mm}$	r	$= 14 \text{ mm}$	I_y	$= 984 \text{ cm}^4$
bf	$= 175 \text{ mm}$	h	$= 300 \text{ mm}$	S_x	$= 775 \text{ cm}$

4.2.3.2 Pembebanan Balok Lift

Beban Mati

Berat profil balok penggantung = 49,6 kg/m

Berat sambungan. dll (10%) = 4,96 kg/m

Qu ultimate= 1,4 x 54,56 = 76,38 kg/m

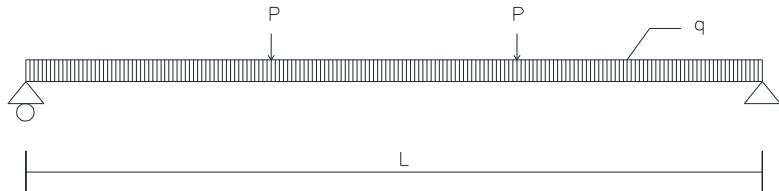
Beban Terpusat Lift

Pasal 4.6 pada SNI 1727:2013 tentang *impact load* menerangkan bahwa semua beban *elevator* harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-driven. Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$P_u = R \cdot KLL = (5450) \times (1+50\%) = 8100 \text{ kg}$$

$$P_u = R \cdot KLL = (4300) \times (1+50\%) = 6450 \text{ kg}$$

Perhitungan Gaya Dalam



Gambar 4 11 Sketsa Pembebanan Balok Lift

$$V_u = \frac{1}{2} qu \times L + P = 8310 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} qu \times L^2 + \frac{1}{4} P \times L \\ &= 11426,311 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

4.2.3.4 Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Penampang

Elemen balok direncanakan menggunakan profil WF sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015 Tabel B4.1b yaitu :

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{175}{2 \times 11} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,95 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Kontrol Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{300}{7} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$42,86 \leq 109,18 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lokal
Profil yang direncanakan berpenampang kompak sehingga

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y = 841 \times 2500 = 2102500 \text{ kg.cm} = 21025 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 21025 \text{ kg.m} = 18922,5 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_u = 11426,311 \text{ kg.m} \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral, $L_b = 500 \text{ cm}$

Profil dengan mutu baja yang telah ditentukan memiliki L_p dan L_r sebagai berikut.

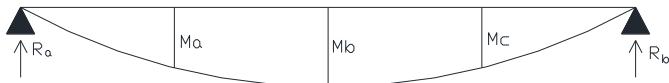
$$L_p = 196,632 \text{ cm}$$

$$L_r = 570,599 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 2,3$$



Gambar 4.23 Posisi M_a, M_b, dan M_c

$$M_b = M_{\max} = 11426,311 \text{ kg.m}$$

$$M_a = M_c = 8310 \times 1,375 - 76,38 \times \frac{1,375^2}{2} = 11354,05 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 11426,311}{6,5(11426,311) + 6(11354,05)} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,3$$

$$M_n = 1,3 \left[2102500 - (2102500 - 0,7(2500) \times 775) \left(\frac{500 - 196,632}{570,599 - 196,632} \right) \right]$$

$$M_n = 1430309 \text{ kg.cm} = 14303,09 \text{ kg.m}$$

Sehingga kapasitas momen diambil yang terkecil yaitu momen kapasitas penampang sebesar, M_n = 14303,09 kg.m
 $\phi M_n = 0,9 \times 14303,09 \text{ kg.m} = 12872,78 \text{ kg.m}$

$\phi M_n > M_u = 11426,311 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK}$

$$J = \sum \frac{1}{3} bt^3 = \frac{1}{3} (d - 2tf) tw^3 + 2x \frac{1}{3} (bf) tf^3$$

$$J = \frac{1}{3} (35 - 2(11)) 0,7^3 + 2x \frac{1}{3} (17,5) 1,1^3 = 19,27 \text{ cm}^4$$

$$h_o = d - \frac{tf}{2} = 350 - \frac{11}{2} = 344,5 \text{ mm}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2S_x} = \frac{984 \times 344,5}{2 \times 775} = 218,70 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{Lb}{rts}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_X h_o} \left(\frac{Lb}{rts}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{1,3\pi^2 2(2 \times 10^6)}{\left(\frac{500}{21,87}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{19,27}{775(34,45)} \left(\frac{500}{21,87}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 1682,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_n = 1682,44 \times 775 \leq M_p$$

$$M_n = 1303893,48 \text{ kg.cm} = 13038,93 \text{ kgm} \leq M_p$$

Sehingga kapasitas momen diambil yang terkecil yaitu momen kapasitas penampang sebesar, $M_n = 13038,93 \text{ kg.m}$

$$\phi M_n = 0,9 \times 13038,93 \text{ kg.m} = 11735,04 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \mathbf{OK}$$

4.2.3.5 Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{7} = 42,86 \quad \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 260 \quad \rightarrow k_v = 5$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{300}{7} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{250}} \rightarrow 42,8 \leq 69,6$$

maka, $C_v = 1$

$$\text{sehingga, } V_n = 0,6 \times f_{yw} \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 35 \times 0,7 \times 1$$

$$= 36750 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 36750$$

$$= 33075 \text{ kg}$$

$$\phi V_n > V_u \rightarrow \mathbf{OK}$$

4.2.3.6 Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{540}{360} = 1,5 \text{ cm} \\ f_{terjadi} &= \frac{5}{384} \left[\frac{q_D L^4}{EI_x} \right] + \frac{R_1 L^3}{48EI_x} \\ f_{terjadi} &= \frac{5}{384} \left[\frac{0,5456 \times 540^4}{2 \times 10^6 \times 13600} \right] + \frac{5450 \times 540^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 13600} \\ f_{terjadi} &= 0,679 \text{ cm} \\ f_{terjadi} &\leq f_{ijin} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Berdasarkan kontrol yang dilakukan di atas maka profil WF 350 x 175 x 7 x 11 memenuhi persyaratan dan dapat digunakan.

4.3 Preliminary Design

4.3.1 Desain Struktur Primer

Desain struktur primer meliputi desain pelat. *drop panel*, kolom serta dinding pendukung (*shearwall*).

4.3.2 Desain Pelat

Struktur *flat slab* merupakan struktur *slab* dua arah yang tidak menggunakan balok interior sehingga pelat akan lebih tebal dibandingkan dengan menggunakan balok. SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.2 mengatur bahwa tebal minimum pelat pada panel dalam akibat tidak digunakan balok dengan f_y 400 MPa adalah sebesar 1/36 dari lebar (ln) pelat itu sendiri, sehingga didapatkan tebal pelat dengan

$lx = 9150\text{mm}$, $ly = 10700\text{ mm}$ sebagai berikut :

$$h \text{ pelat} = \frac{\ln}{36} = \frac{10700}{36} = 324,242 = 350 \text{ mm}$$

4.3.3 Desain Drop Panel

Drop panel pada struktur *flat slab* berfungsi mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada bagian slab datar (*flat slab*) di atas kolom (SNI 2847:2013 pasal 13.3.7). Sehingga dalam desain *drop panel* yang akan digunakan harus mempertimbangkan hal tersebut. Desain *drop panel* harus memenuhi persyaratan yang terdapat pada SNI-2847-2013 pasal 13.2.5 :

- Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya
- Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperempat panjang bentang

4.3.3.1 Lebar Drop Panel

- Untuk arah sumbu x :

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} Lx$$

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} \times 9150 = 1525 \text{ mm}$$

- Untuk arah sumbu y :

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} Ly$$

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} \times 10700 = 1783,3 \text{ mm}$$

Digunakan lebar drop panel 2000 mm untuk arah x maupun y sehingga lebar total *drop panel* adalah 4000 mm baik arah x maupun y.

4.3.3.2 Tebal Drop Panel

Dari perhitungan tebal pelat sebelumnya tebal pelat yang digunakan adalah 350 mm, maka *tebal drop panel* ditentukan sebagai berikut

$$h.\text{drop panel} \geq \frac{1}{4} h \text{ pelat}$$

$$h.\text{drop panel} \geq \frac{1}{4} \times 350 = 87,5 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Tebal *drop panel* yang telah didapatkan tidak boleh melebihi persyaratan berikut:

$$h.\text{drop panel} \leq \frac{1}{4} Se$$

Dimana *Se* adalah jarak tepi kolom ekivalen ke tepi *drop panel*. Untuk dimensi kolom awal untuk perhitungan persyaratan ini direncanakan 800×800 mm dengan lebar *drop panel* arah x 2000 sehingga didapatkan $Se = 2000 - 0.5 \times 800 = 1600$ mm, maka

$$h.\text{drop panel} \leq \frac{1}{4} \times 1600 = 400 \text{ mm [OK]}$$

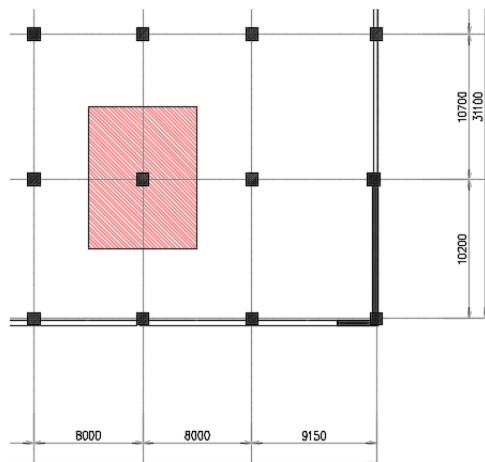
Sehingga tebal drop panel yang digunakan adalah 100 mm.

4.3.4 Desain Kolom

Dalam desain kolom, diambil *sample* kolom yang dianggap paling besar menerima beban, dalam hal ini kolom pada lantai dasar karena harus menerima beban lantai 1 sampai lantai atap. Jadi, dimensi kolom sangat berpengaruh terhadap beban yang diterima, semakin berat beban yang dipikul maka semakin besar penampang kolom.

Direncanakan :

- Tebal Pelat = 35 cm = 350 mm
- Luasan Pelat = 10,45 m x 8 m



Gambar 4 12 Area Tributary Kolom

4.3.4.1 Pembebaan Pada Kolom

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

$$A_{TT} = 10,45 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 83,6 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

$$K_{LL} A_{TT} = 4 \times 83,6 = 334,4 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$R1 : 0,6 \quad (A_{TT} \geq 57,74 \text{ mm}^2)$$

$$R2 : 1$$

$$L_o : 0,96$$

$$L_r = L_o \cdot R1 \cdot R2 = 0,576 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 57,6 \frac{\text{KG}}{\text{m}^2}$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai Apartemen

$$Lo = 1,92$$

$$L=Lo\left(0,25+\frac{4,57}{\sqrt{Kll.ATT}}\right)$$

$$L=Lo\left(0,25+\frac{4,57}{\sqrt{334,4}}\right)=0,959 \frac{kN}{M2}=95,98 \frac{KG}{M2}$$

$$0,4 \times Lo = 0,768$$

$$L \geq 0,4 \times Lo \text{ (OK)}$$

4.3.4.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan menggunakan kombinasi sederhana pada SNI-2847-2002 pasal 11.2 yakni 1.4D dan 1.2D+1.6L. dari hasil kedua perhitungan diambil nilai yang terbesar.

- Kombinasi 1
 $P_u = 1,4 P_d$
- Kombinasi 2
 $P_u = 1,2 P_d + 1,6 P_l$

Hasil dari kombinasi yang memiliki nilai lebih besar akan digunakan sebagai beban rencana untuk desain kolom.

4.3.4.3 Dimensi Kolom

Dengan menggunakan mutu baja (f_y) 400 MPa dan P_u 654620,4 kg maka dimensi kolom dapat ditentukan sebagai berikut:

$$A = 3 \times \frac{P_u}{\phi f_c}$$

Bila $b = h$, maka :

$$b=h=\sqrt{A}$$

Tabel 4.4 Pembebanan Kolom Lantai Atap

Pelat Atap							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Berat pelat	2400	10,45	8	0,35		70224	kg
Drop panel	2400	4	4	0,1		3840	kg
spesi (2cm)	21	10,45	8	2		3511,2	kg
Penggantung + plafond	18	10,45	8			1504,8	kg
ME	40	10,45				418	kg
Plumbing	30	10,45				313,5	kg
WD						79811,5	kg
Berat Total							kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Lantai atap	57,6	10,45	8			4815,36	kg
Air Hujan	20	10,45	8			1672	kg
WL						6487,36	kg

Tabel 4 5 Pembebanan Kolom Lantai 14 – 18

Pelat Lantai 14-18							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Berat pelat	2400	10,45	8	0,35	5	351120	kg
Drop panel	2400	4	4	0,1	5	19200	kg
spesi (2 cm)	21	10,45	8	2	5	17556	kg
Keramik	24	10,45	8		5	10032	kg
Penggantung + plafond	18	10,45	8		5	7524	kg
ME	40	10,45			5	2090	kg
Plumbing	30	10,45			5	1567,5	kg
Dinding	82,5	10,45		3,4	5	14656,125	kg
WD						423745,625	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Lantai atap	95,9826572	10,45	8		5	40120,751	kg
WL						40120,7507	kg
WD Total						503557,13	kg
WL Total						46608,111	kg
Kombinasi							
1,4 WD						704979,98	kg
1,2 WD + 1,6 WL						678841,53	kg
f'c	40	MPA	atau	400	kg/c m2	Nilai	Dimensi Akhir
A						5091,31145	
b	=	h	=			71,3534264	80

Tabel 4 6 Pembebanan Kolom Lantai 9-13

Pelat Lantai 9-13							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Berat pelat	2400	10,45	8	0,35	5	351120	kg
Drop panel	2400	4	4	0,1	5	19200	kg
spesi (2 cm)	21	10,45	8	2	5	17556	kg
Keramik	24	10,45	8		5	10032	kg
Penggantung + plafond	18	10,45	8		5	7524	kg
ME	40	10,45			5	2090	kg
Plumbing	30	10,45			5	1567,5	kg
Dinding	82,5	10,45		3,4	5	14656,125	kg
WD						423745,625	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Lantai apart	95,9826572	10,45	8		5	40120,751	kg
WL						40120,7507	kg
WD Total						927302,75	kg
WL Total						86728,861	kg
Kombinasi							
1,4 WD						1298223,9	kg
1,2 WD + 1,6 WL						1251529,5	kg
f_c	40	MPA	atau	400	kg/c m²	Nilai	Dimensi Akhir
A						9386,47109	
b	=	h	=			96,883802	100

Tabel 4 7 Pembebanan Kolom Lantai 4-8

Pelat Lantai 4-8							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Berat pelat	2400	10,45	8	0,35	5	351120	kg
Drop panel	2400	4	4	0,1	5	19200	kg
spesi (2 cm)	21	10,45	8	2	5	17556	kg
Keramik	24	10,45	8		5	10032	kg
Penggantung + plafond	18	10,45	8		5	7524	kg
ME	40	10,45			5	2090	kg
Plumbing	30	10,45			5	1567,5	kg
Dinding	82,5	10,45		3,4	5	14656,125	kg
WD						423745,625	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Lantai apart	95,9826572	10,45	8		5	40120,751	kg
WL						40120,7507	kg
WD Total						1351048,4	kg
WL Total						126849,61	kg
Kombinasi							
1,4 WD						1891467,7	kg
1,2 WD + 1,6 WL						1824217,4	kg
f'c	40	MPA	atau	400	kg/c m ²	Nilai	Dimensi Akhir
A						13681,6307	
b	=	h	=			116,968503	120

Tabel 4.8 Pembebatan Kolom Lantai 1-3

Pelat Lantai 1-3							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Berat pelat	2400	10,45	8	0,35	3	210672	kg
Drop panel	2400	4	4	0,1	3	11520	kg
spesi (2 cm)	21	10,45	8	2	3	10533,6	kg
Keramik	24	10,45	8		3	6019,2	kg
Pengantung + plafond	18	10,45	8		3	4514,4	kg
ME	40	10,45			3	1254	kg
Plumbing	30	10,45			3	940,5	kg
Dinding	82,5	10,45		3,4	3	8793,675	kg
WD						254247,375	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Lantai apart	95,9826572	10,45	8		3	24072,45	kg
WL						24072,4504	kg
Pelat Lantai Ground Floor							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Berat pelat	2400	10,45	8	0,35	1	70224	kg
Drop panel	2400	4	4	0,1	1	3840	kg
spesi (2 cm)	21	10,45	8	2	1	3511,2	kg
Keramik	24	10,45	8		1	2006,4	kg
Pengantung + plafond	18	10,45	8		1	1504,8	kg
ME	40	10,45			1	418	kg
Plumbing	30	10,45			1	313,5	kg
Dinding	82,5	10,45		4,5	1	3879,5625	kg
WD						85697,4625	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	L	t	x	Berat	Satuan
Lantai apart	95,9826572	10,45	8		1	8024,1501	kg
WL						8024,15014	kg
WD Total						1690993,2	kg
WL Total						158946,21	kg
Kombinasi							
1,4 WD						2367390,5	kg
1,2 WD + 1,6 WL						2283505,8	kg
f c	40	MPA	atau	400	kg/c m ²	Nilai	Dimensi Akhir
A	=	h	=			17126,2935	
b						130,867465	140

4.3.5 Desain Dinding Pendukung (*Shearwall*)

Tebal minimum dinding pendukung pada SNI-2847-2013 pasal 14.5.3(1) tidak boleh lebih kecil dari 100 mm dengan memperhatikan beberapa hal berikut :

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

Dari kedua item tersebut diambil nilai terkecil.

Untuk dinding pendukung ini dirancang dengan Desain menggunakan :

- Tebal : 50 cm
- Tinggi dinding : 450 cm
- Lebar dinding : 1020 cm

$$T_{min} = \frac{1}{25} \times 450 = 18 \text{ cm}$$

$$T_{min} = \frac{1}{25} \times 1020 = 40,8 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{(Menentukan)}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai minimum adalah 40,8 cm, dengan demikian

$$T_{rencana} = 50 > 40,8 \text{ cm (OK)}$$

Maka tebal dinding pendukung menggunakan tebal 50 cm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1).

4.3.6 Desain Balok Tepi

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

Untuk f_y selain 420 MPa

$$h = \frac{1}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

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

Dimana:

l = panjang balok (mm)

h = tinggi balok (mm)

b = lebar balok (mm)

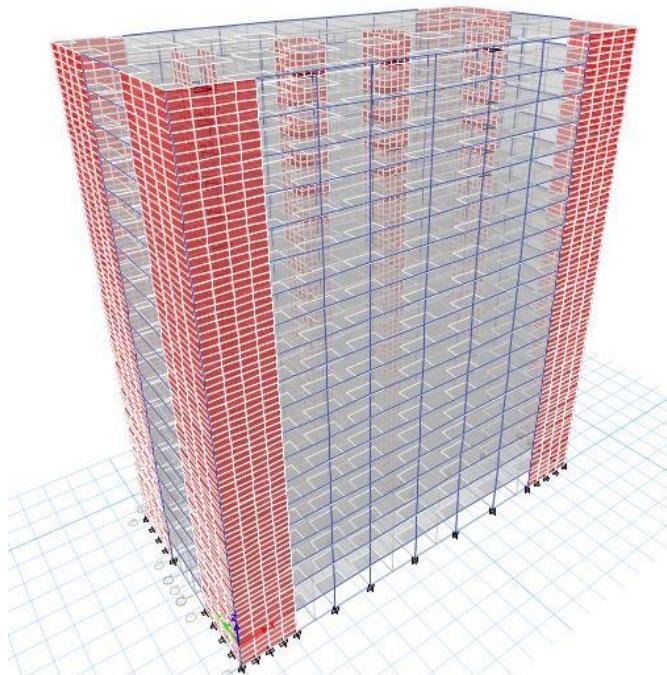
Tabel 4 9 Rekapitulasi Dimensi Balok Tepi

No	Bentang	Arah	h min	b min	Dimensi	
					h	b
1	10200	Memanjang	619,3	412,9	650	450
2	9150	Melintang	555,5	370,4	650	450
3	10700	Memanjang	649,6	433,1	650	450
4	9150	Melintang	555,5	370,4	650	450
5	8000	Melintang	485,7	323,8	650	450
6	6000	Melintang	364,3	242,9	650	450
7	7950	Melintang	482,7	321,8	650	450

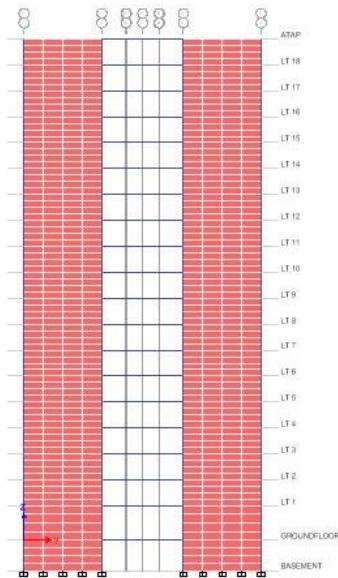
4.4 Permodelan Struktur

4.4.1 Desain Struktur Primer

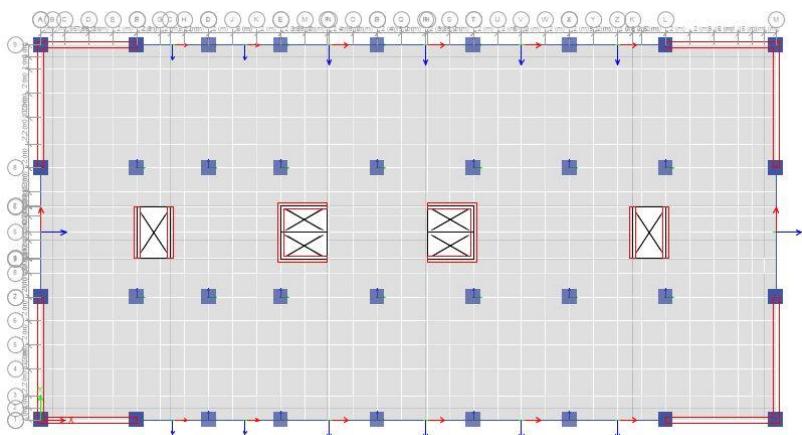
Dalam Desain gedung bertingkat perlu dilakukan adanya desain pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban – beban yang terjadi. Program bantu ETABS 2016 akan membantu dalam cek serta kontrol perhitungan struktur sesuai persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 1726 : 2012.



Gambar 4 13 Permodelan Struktur



Gambar 4 14 Permodelan Tampak Samping Struktur



Gambar 4 15 Permodelan Denah Struktur

4.4.2 Pembebanan

4.4.2.1 Beban Mati

a. Beban Mati Struktural

Beban mati struktural merupakan berat sendiri bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menahan beban. Beban mati struktural yang diperhitungkan adalah beban struktur beton bertulang, yaitu sebesar 2400 kg/m^3 .

b. Beban Mati Tambahan atau SIDL

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

Tabel 4 10 Beban Mati Tambahan Lt 1-19

Beban mati tambahan lt 1-19			
Jenis	Nilai	n	kg/m²
Spesi (2 cm)	21	2	42
Keramik	24	1	24
Penggantung + plafond	18	1	18
ME	40	1	40
Plumbing	30	1	30
SIDL LANTAI			154

Tabel 4 11 Beban Mati Tambahan Lt atap

Beban mati tambahan atap			
Jenis	Nilai	n	kg/m²
Penggantung + plafond	18	1	18
ME	40	1	40
Plumbing	30	1	30
SIDL ATAP			88

Tabel 4 12 Beban Dinding

Beban dinding			
Jenis	Nilai	h	kg/m²
Lantai 1 -19	82,5	3,4	280,5
Lantai GF	82,5	4,5	371,25
SIDL ATAP		651,75	

4.3.2.2 Beban Hidup

Beban hidup untuk Desain struktur diambil dari SNI 1727 : 2013.

Beban Hidup

- Lantai Atap : 0,96 kN/m²
- Lantai Apartemen : 1,92 kN/m²

4.3.2.3 Beban Gempa Rencana

Analisis gempa yang akan dikenakan pada struktur gedung menggunakan analisis spektrum respons. Berdasarkan SNI 1726-2012, spektrum respons gempa rencana desain harus dibuat terlebih dahulu.

a. Kategori Risiko (I) dan Faktor Keutamaan (Ie)

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, struktur ini termasuk dalam kategori risiko II (Gedung Apartemen) dengan faktor keutamaan gempa (Ie) = 1.

b. Jenis Tanah

Berdasarkan hasil tes *boring* yang dilakukan di lapangan, maka kategori tanah yang ada di lapangan merupakan kelas situs Tanah Lunak (SE).

c. Menentukan nilai Ss dan Si

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, nilai Ss dan Si ditentukan berdasarkan peta zona gempa pada Gambar 9 dan 10 di SNI 1726-2012. Sehingga didapatkan nilai :

- Nilai Ss untuk daerah Surabaya dapat dilihat pada gambar adalah 0,663.
- Nilai Si untuk daerah Surabaya dapat dilihat pada gambar adalah 0,247.

d. Koefisien Situs

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, koefisien situs ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai Ss = 0,663 dan S1= 0,247 dan kelas situs yang berdasarkan jenis tanah.

$$Fa = 1,374$$

$$Fv = 3,012$$

Penentuan nilai SMS dan SM1 :

$$SMS = Fa \times Ss = 1,374 \times 0,663 = 0,91$$

$$SM1 = Fv \times S1 = 3,012 \times 0,247 = 0,74$$

e. Parameter Percepatan Spektral Desain

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012, parameter percepatan spektral desain, yaitu SDS dan SD1 ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini.

$$- \quad SDS = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$SDS = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,607$$

$$- \quad SD1 = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,74 = 0,496$$

Dengan nilai-nilai tersebut, struktur gedung diklasifikasikan sebagai kategori desain seismik kategori D.

f. Sistem Penahan Gaya Seismik

Untuk kategori desain seismik D, dapat digunakan sistem rangka gedung (SRG) sebagai sistem strukturnya. Dengan dinding geser beton bertulang biasa pada arah x dan y. Dengan sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang khusus maka 90% gaya gempa akan di pikul dinding geser. Parameter sistem struktur untuk arah x dan y dengan dinding geser beton bertulang khusus adalah :

$$R_o = 6$$

$$\Omega_o = 2,5$$

$$C_d = 5$$

g. Spektrum Respons Desain

Penentuan nilai T_0 dan T_s :

$$- T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

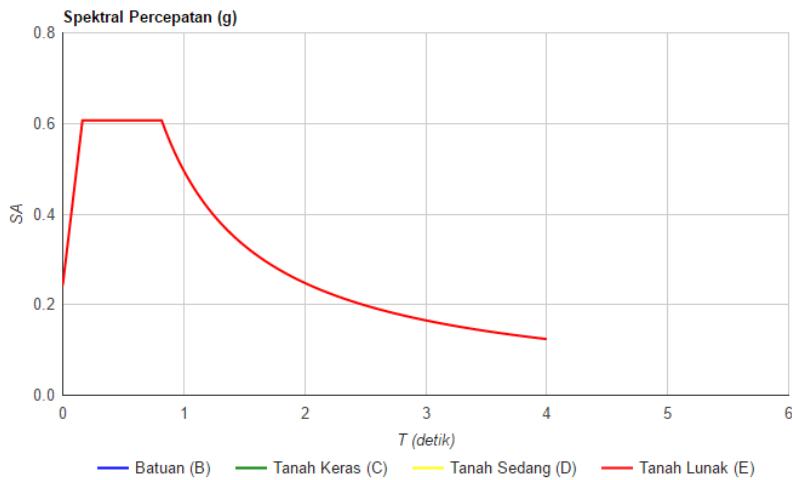
$$T_o = 0,2 \frac{0,496}{0,607} = 0,163 \text{ dt}$$

$$- T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{0,496}{0,607} = 0,817 \text{ dt}$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$



Gambar 4 16 Grafik Respon Spektra

(Sumber : puskim.pu.go.id)

4.3.2.4 Kombinasi Pembebaan

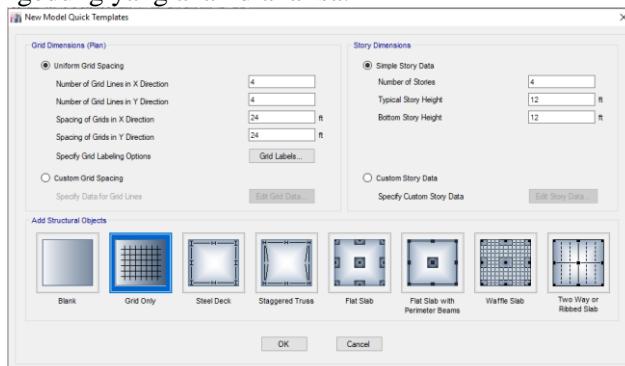
Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.2.2, faktor-faktor dan kombinasi beban ultimit untuk beban mati nominal (D), beban hidup nominal (L), beban angin nominal (W), dan beban gempa nominal (E) adalah:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D + 1,0EX + L
- 1,2D + 1,0EY + L
- 0,9D + 1,0EX
- 0,9D + 1,0EY
- 1D + 1L
- Envelope

4.4.3 Permodelan Struktur *Flat Slab* pada ETABS

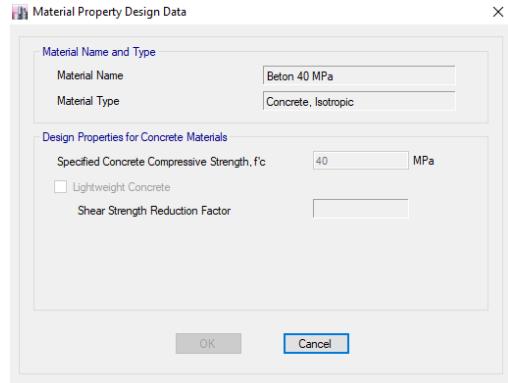
Dalam analisa struktur *Flat Slab* gedung apartemen One East Surabaya ini digunakan program bantu ETABS 2016. Berikut adalah langkah dari permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS 2016 :

- Memodelkan struktur dalam bentuk 3D Frame dan buat grid sesuai dengan data dan spesifikasi bentuk bangunan gedung yang akan dianalisa.



Gambar 4 17 Input Grid pada program ETABS 2016

2. Memasukkan spesifikasi material yang digunakan pada menu Define -> Material Properties. Mutu beton sebesar $f'c = 40$ Mpa dan berat jenis beton = 24 kN/m³ serta nilai elastisitas beton yakni $E_c=4700\sqrt{f'_c}$ serta poisson ratio 0,2.



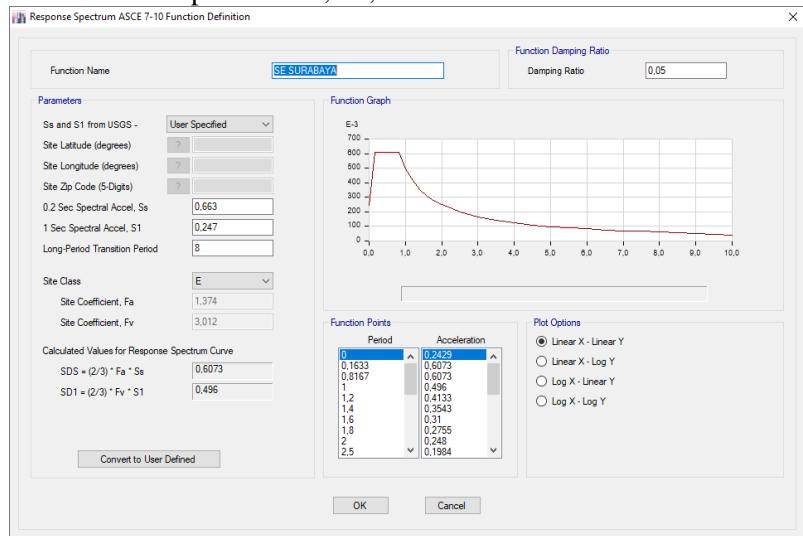
Gambar 4 18 Input Material Properties

3. Memasukkan spesifikasi dimensi struktur pada menu Define -> section properties frame. Pada concrete reinforcement data, masukkan spesifikasi tulangan dan ukuran selimut beton serta inersia efektif penampang.



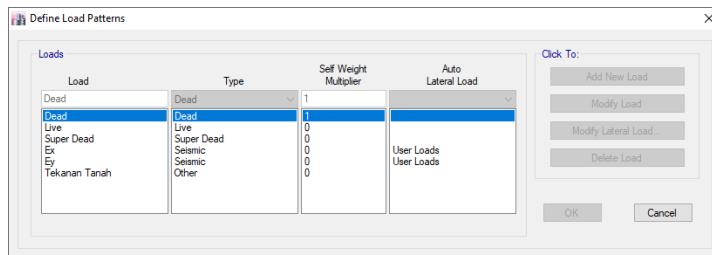
Gambar 4 19 Input Section Properties

4. Memasukkan fungsi gempa pada Define Respon Spectrum Function. Input nilai Ss, S1, R dan Site Class.



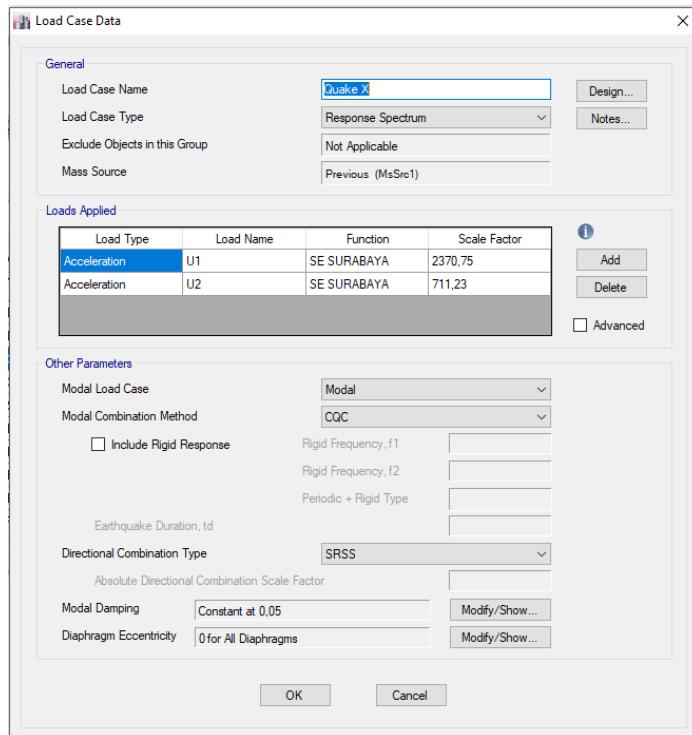
Gambar 4 20 Input Respon Spektrum

5. Menginput Define Load Patterns pada program bantu ETABS 2016. Program bantu akan secara otomatis menghitung berat sendiri struktur berdasarkan penampang elemen dan spesifikasi material.



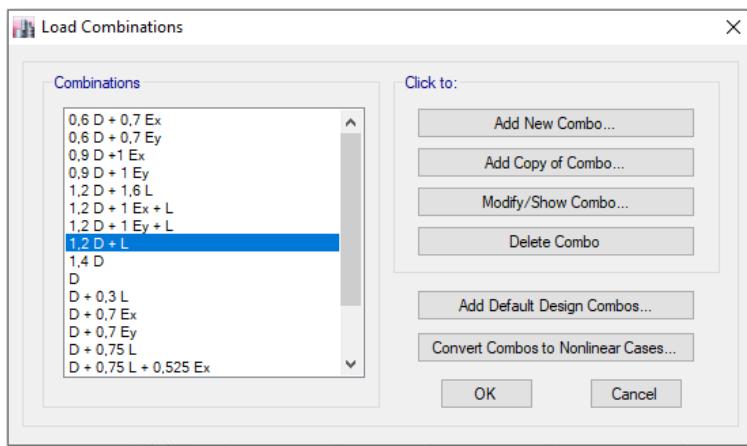
Gambar 4 21 Input Load Pattern

6. Menginput Load Case, memasukkan skala faktor dari beban-beban yang akan digunakan dalam analisa, untuk beban selain gempa diinput nilai 1.



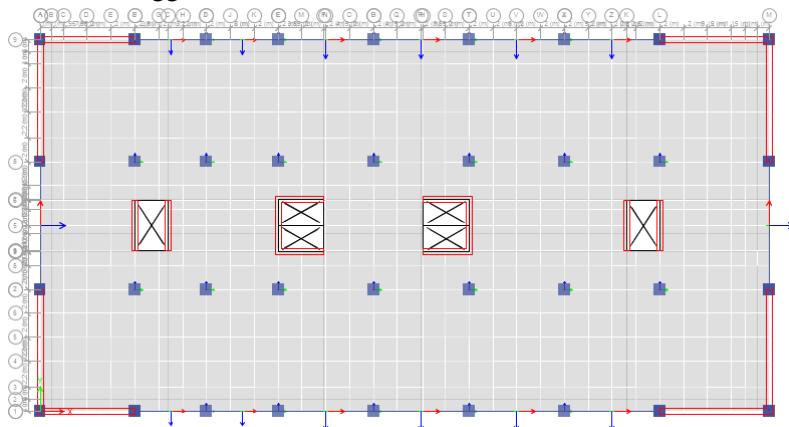
Gambar 4 22 Input Load Case

7. Define Load Combination, memasukkan kombinasi beban berfaktor yang mengacu pada SNI 2847:2013.



Gambar 4.23 Input Load Combination

8. Menggambar elemen struktur dan area section.



Gambar 4.24 Gambar Elemen Struktur

9. Memasukkan beban mati tambahan dan beban hidup pada struktur yang telah ditentukan dan dihitung sebelumnya.

10. Menginput Restraint, menentukan jenis perletakan pada bagian bawah struktur. Jenis perletakan yang digunakan adalah perletakan jepit.
11. Diafragma, dengan memblok semua elemen struktur dan dilakukan pada setiap lantai.

4.5 Hasil Analisa Struktur

Kontrol permodelan struktur dilakukan setelah memperoleh analisa dari program bantu ETABS, hal ini dilakukan agar mengetahui desain yang dilakukan telah memenuhi syarat keamanan dan sesuai dengan standar yang terdapat pada peraturan. Kontrol permodelan struktur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Kontrol beban gravitasi
- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol respons seismik
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol sistem ganda

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

4.5.1 Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu ETABS 2016 dengan desain bangunan gedung. Perhitungan beban mati masing – masing elemen struktur pada gedung ditunjukkan pada Tabel 4.13-4.17 berikut :

Tabel 4 13 Perhitungan Beban Pelat dan Balok Tepi

No	Jenis	Dimensi			Jumlah per lantai	Jumlah Lantai	Total (m3)	Berat Jenis	Berat (kg)
		b (m)	h (m)	L (m)					
1	Pelat Atap	31,1	0,35	61,1	1	1	665,0735	2400	1596176,4
2	Pelat lantai	31,1	0,35	61,1	1	19	12636,4	2400	30327351,6
	Opening Tangga	2,8	0,35	4,24	2	19	157,8976	2400	378954,24
	Opening Lift	3,85	0,35	4,4	2	19	225,302	2400	540724,8
	Berat pelat nett (Berat Pelat - Opening)								29407672,56
3	Drop Panel A (1/4)	2	0,1	2	4	20	32	2400	76800
4	Drop Panel B (1/2)	2	0,1	4	18	20	288	2400	691200
5	Drop Panel C (1)	4	0,1	4	14	20	448	2400	1075200
6	Balok Tepi	0,35	0,55	109,4	1	20	421,19	2400	1010856
Total									33857904,96

Tabel 4 14 Perhitungan Beban Kolom

No	Jenis	Dimensi			Jumlah per lantai	Jumlah Lantai	Total (m3)	Berat Jenis	Berat (kg)
		b (m)	h (m)	L (m)					
1	Kolom 1(14-18)	0,8	0,8	3,4	36	5	391,68	2400	940032
2	Kolom 2(9-13)	1	1	3,4	36	5	612	2400	1468800
3	Kolom 3(4-8)	1,2	1,2	3,4	36	5	881,28	2400	2115072
4	Kolom 4(1-3)	1,4	1,4	3,4	36	3	719,712	2400	1727308,8
	Kolom 1(Ground Floor)	1,4	1,4	4,5	36	1	317,52	2400	762048
	Kolom 1(Basement)	1,4	1,4	4	36	1	282,24	2400	677376
Total									7690636,8

Tabel 4 15 Perhitungan Beban Shear Wall

Tabel 4 16 Perhitungan Beban Dinding

Berat Dinding									
No	Jenis	Dimensi			Tinggi Lantai (m)	Jumlah Lantai	Total (m2)	Berat Jenis (kg/m3)	Berat (kg)
		b (m)	h (m)	Keliling (m)					
1	Dinding tinggi 4,5m	-	0,15	184,4	4,5	1	124,47	230	28628,1
2	Dinding tinggi 3,4m	-	0,15	184,4	3,4	18	1692,792	230	389342,16
Total								417970,26	

Tabel 4 17 Perhitungan Beban Super Dead

No	Jenis	Berat Super Dead						Berat (kg)	
		Dimensi			Luas nett (M2)	Jumlah Lantai	Total (m2)		
		b (m)	h (m)	Opening					
1	Plafond	31,1	61,1	57,624	1842,586	20	36851,72	11 405368,92	
2	Penggantung lantai	31,1	61,1	57,624	1842,586	20	36851,72	7 257962,04	
3	Plumbing	31,1	61,1	57,624	1842,586	20	36851,72	30 1105551,6	
4	Spesi	31,1	61,1	57,624	1842,586	20	36851,72	21 773886,12	
5	Tegel	31,1	61,1	57,624	1842,586	20	36851,72	24 884441,28	
Total								3427209,96	

Tabel 4 18 Perhitungan Beban Hidup

No	Jenis	Beban Hidup						Berat (kg)	
		Dimensi			Luas nett (M2)	Jumlah Lantai	Total (m2)		
		b (m)	h (m)	Opening					
1	Atap	31,1	61,1		1900,21	1	1900,21	96 182420,16	
2	Apartement	31,1	61,1	57,624	1842,586	18	33166,55	192 6367977,216	
3	Ground Floor	31,1	61,1	57,624	1842,586	1	1842,586	192 353776,512	
Total								6904173,888	

Tabel 4 19 Rekapitulasi Beban Struktur

Perhitungan Berat Struktur Total			
No	Jenis	Berat (kg)	
Beban Mati Total			
1	Berat Pelat dan Balok Tepi	33857904,96	kg
2	Berat Kolom	7690636,8	kg
3	Berat Shear Wall	808008	kg
Beban Super Dead			
1	Berat Super Dead	3427209,96	kg
2	Berat Dinding	417970,26	kg
Beban Hidup			
1	Beban Hidup	6904173,888	kg

Beban yang terhitung pada permodelan ETABS 2016 kemudian dibandingkan dengan beban yang telah dihitung manual. Selisih

antara perhitungan manual dengan permodelan ETABS yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{manual}} - W_{\text{permodelan}} &= (53105903,87 - 51445163) \text{ kg} \\
 &= 1660741 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= \frac{1660741}{51445163} \times 100\% \\
 &= 3,2281771\%
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi selisih beban perhitungan manual dan perhitungan ETABS disajikan dalam tabel 4.22 berikut :

Tabel 4 20 Rekapitulasi Beban Mati dan Beban Hidup

Dead Manual (D)	46201729,98	kg
Live Manual (L)	6904173,89	kg
Berat Etabs (D)	44548168,00	kg
Berat Etabs (L)	6896994,90	kg
D+L Etabs	51445162,90	kg
D+L Manual	53105903,87	kg
Selisih	1660740,97	kg
% Selisih	3,228	%

Selisih 3,228% < 5%, dengan perhitungan manual. Dengan demikian pemodelan struktur dianggap sesuai.

4.5.2 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 : 2012 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.

Tabel 4.21 Kontrol Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1,528	0,6344	0
Modal	2	1,349	0,6344	0,6314
Modal	3	0,766	0,6344	0,6314
Modal	4	0,34	0,8432	0,6314
Modal	5	0,299	0,8432	0,8433
Modal	6	0,18	0,8432	0,8433
Modal	7	0,157	0,911	0,8433
Modal	8	0,143	0,911	0,909
Modal	9	0,101	0,9415	0,909
Modal	10	0,094	0,9415	0,9386
Modal	11	0,089	0,9415	0,9386
Modal	12	0,075	0,9576	0,9386

Dari tabel di atas didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 91,1% pada moda ke 7 dan partisipasi massa arah Y yakni sebesar 90,9% pada mode 8. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada pasal 7.9.1 SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.5.3 Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksible, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726 : 2012, perioda fundamental pendekatan (T_a) untuk struktur dinding geser beton ditentukan sebagai berikut :

$$T_a \text{ minimum} = C_t \cdot h_n^x$$

$$T_a \text{ maksimum} = C_u \cdot T_a \text{ minimum}$$

Keterangan :

h_n = Ketinggian total struktur (m)

C_t = Parameter periode pendekatan

T_a = Periode fundamental pendekatan

Untuk nilai $S_{DI} = 0,496$, nilai koefisien batas (C_u) adalah 1,4. Struktur studi kasus memiliki tinggi dari basement hingga atas gedung (h_n) adalah 69,7 m, dan luas struktur 1842,586 m².

Tabel 14 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	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

Tabel 15 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa 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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$T_a \text{ minimum} = 0,0488 \times 69,7^{0,75} = 1,177$$

$$T_a \text{ maksimum} = 1,4 \times 1,177 = 1,648$$

Tabel 4 22 Periode Permodelan

Case	Mode	Period
Modal	1	1,528
Modal	2	1,349
Modal	3	0,766
Modal	4	0,34
Modal	5	0,299
Modal	6	0,18
Modal	7	0,157
Modal	8	0,143
Modal	9	0,101
Modal	10	0,094
Modal	11	0,089
Modal	12	0,075

Berdasarkan analisa program bantu ETABS 2016 didapatkan periode fundamental struktur sebesar 1,528. Sehingga $T_c = 1,528$ detik. Berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T_c berada diantara batas T_a minimum dan T_a maksimum yakni:

$$T_a \text{ minimum} < T_c < T_a \text{ maksimum}$$

$$1,177 < 1,528 < 1,648$$

Dari analisa kontrol periode fundamental struktur dapat disimpulkan bahwa periode struktur $T_c = 1,528$ dapat digunakan.

4.5.4 Kontrol Respons Seismik

Berdasarkan SNI 1726 : 2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang

dari 85% dari nilai respon statik. Koefisien respon seismik Cs harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726 : 2012 pasal 7.8.1.

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,607}{\frac{6}{1}} = 0,10116$$

Dan nilai Cs tidak perlu lebih besar dari :

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,607}{\frac{1,528 \times 6}{1}} = 0,064$$

Dan nilai Cs tidak perlu memenuhi :

$$Cs = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,607 \times 1 = 0,0267 \geq 0,01$$

Maka nilai Cs diambil sebesar 0,064.

Perhitungan gaya geser (*base shear*) menggunakan SNI 1726:2012 dengan persamaan berikut :

$$V = Cs \times W$$

$$V = 0,064 \times 46617266,33 = 2983505,045 \text{ kgf}$$

Berdasarkan hasil analisa menggunakan program bantu ETABS 2016, didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) akibat beban gempa arah X dan arah Y sebagai berikut :

Tabel 4 23 Gaya Geser Dasar

Load/Combo Case	FX (kgf)	FY (kgf)
Quake X Max	1816347,8	592830,56
Quake Y Max	542689,27	1984167,57

Kontrol gaya geser dasar

Arah X

$$V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$$

$1816347,75 \leq 2535979,288 \dots\dots \text{(NOT OK)}$

Arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$1984167,57 \leq 2535979,288 \dots\dots \text{(NOT OK)}$

Berdasarkan kontrol gempa arah X dan Y masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Menurut pasal 7.9.4.2 SNI 1726:2012 tertulis jika gaya geser dasar hasil analisa kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala arah X dan Y sebagai berikut :

- **Arah X**

$$\text{Faktor} = \frac{2535979,288}{1816347,75} = 1,39$$

$$U1 = \left(g \frac{Ie}{R} \right) x F = \left(9,81 \times \frac{1}{6} \right) \times 1,396 = 2,37$$

$$U2 = 0,3 \left(g \frac{Ie}{R} \right) x F = 0,3 \left(9,81 \times \frac{1}{6} \right) \times 1,396 = 0,711$$

- **Arah Y**

$$\text{Faktor} = \frac{2535979,288}{1984167,57} = 1,28$$

$$U1 = 0,3 \left(g \frac{Ie}{R} \right) x F = \left(9,81 \times \frac{1}{6} \right) \times 1,28 = 0,637$$

$$U2 = \left(g \frac{Ie}{R} \right) x F = 0,3 \left(9,81 \times \frac{1}{6} \right) \times 1,28 = 2,125$$

Setelah mendapatkan faktor skala, maka dimasukkan kembali faktor U1 dan U2 arah X dan Y, lalu dilakukan analisis ulang untuk mendapatkan *base reaction* yang baru.

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2016 didapatkan nilai gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 4 24 Gaya Geser Dasar

Load/Combo Case	FX (kgf)	FY (kgf)
Quake X Max	2625674,7	860487,51
Quake Y Max	706215,95	2571553,77

Dilakukan kontrol ulang terhadap gempa arah X dan Y sebagai berikut :

Kontrol gaya geser dasar

– **Arah X**

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$$262567466 \geq 2535979,288 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

– **Arah Y**

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

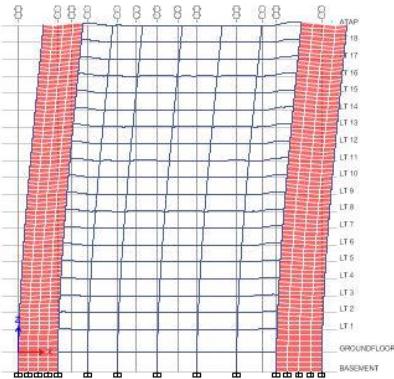
$$257155377 \geq 2535979,288 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Berdasarkan kontrol di atas didapatkan bahwa analisis struktur memenuhi syarat SNI 1726 : 2012 Pasal 7.8.

4.5.5 Kontrol Batas Simpangan antara Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Elevation View - 1 - Displacements (Quake X) [mm]



Gambar 4 25 Displacements

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

Δ_i = simpangan yang terjadi

Δ_a = simpangan ijin antara lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1:

$$\Delta_{i1} = C_d \times \delta_{e1}/I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2:

$$\Delta_{i1} = (\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d/I$$

Di mana:

δ_{e1} = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = faktor pembesaran defleksi

I = faktor keutamaan gedung

Dari Tabel 3.10 didapatkan $C_d = 4$ dan dari Tabel 3.7 didapat nilai $I = 1$. Berdasarkan Tabel 16 SNI 1726:2012 untuk semua struktur lainnya, simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02h_{sx}$$

Di mana:

$$H_{sx} = \text{tinggi tingakat di bawah } x$$

Untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (4) = 0,07 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

Untuk tinggi tingkat 4,5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (4,5) = 0,063 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

Untuk tinggi tingkat 3,4 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (3,4) = 0,059 \text{ m} = 68 \text{ mm}$$

Simpangan yang terjadi didapatkan dari analisis program bantu ETABS 2016 seperti pada gambar :

Tabel 4.25 Kontrol Simpangan Gempa Arah X

Story	Load Case/Combo	Tinggi	Tinggi per lantai	Direction	δe_i (mm)	$\delta e_i - \delta e_{i-1}$ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_a (mm)	Ket
ATAP	Quake X Max	69,7	3400	X	70,6	4,366	21,83	68	OK
LT 18	Quake X Max	66,3	3400	X	66,234	4,557	22,785	68	OK
LT 17	Quake X Max	62,9	3400	X	61,677	4,575	22,875	68	OK
LT 16	Quake X Max	59,5	3400	X	57,102	4,578	22,89	68	OK
LT 15	Quake X Max	56,1	3400	X	52,524	4,564	22,82	68	OK
LT 14	Quake X Max	52,7	3400	X	47,96	4,521	22,605	68	OK
LT 13	Quake X Max	49,3	3400	X	43,439	4,462	22,31	68	OK
LT 12	Quake X Max	45,9	3400	X	38,977	4,374	21,87	68	OK
LT 11	Quake X Max	42,5	3400	X	34,603	4,254	21,27	68	OK
LT 10	Quake X Max	39,1	3400	X	30,349	4,101	20,505	68	OK
LT 9	Quake X Max	35,7	3400	X	26,248	3,92	19,6	68	OK
LT 8	Quake X Max	32,3	3400	X	22,328	3,723	18,615	68	OK
LT 7	Quake X Max	28,9	3400	X	18,605	3,491	17,455	68	OK
LT 6	Quake X Max	25,5	3400	X	15,114	3,221	16,105	68	OK
LT 5	Quake X Max	22,1	3400	X	11,893	2,908	14,54	68	OK
LT 4	Quake X Max	18,7	3400	X	8,985	2,578	12,89	68	OK
LT 3	Quake X Max	15,3	3400	X	6,407	2,233	11,165	68	OK
LT 2	Quake X Max	11,9	3400	X	4,174	1,843	9,215	68	OK
LT 1	Quake X Max	8,5	4500	X	2,331	1,638	8,19	90	OK
GROUND FLOOR	Quake X Max	4	4000	X	0,693	0,693	3,465	80	OK

Tabel 4 26 Kontrol Simpangan Gempa Arah Y

Story	Load Case/Combo	Tinggi	Tinggi per lantai	Direction	δe_i (mm)	$\delta e_i - \delta e_{i-1}$ (mm)	Δi (mm)	Δa (mm)	Ket
ATAP	Quake Y Max	69,7	3400	Y	56,649	3,581	17,905	68	OK
LT 18	Quake Y Max	66,3	3400	Y	53,068	3,742	18,71	68	OK
LT 17	Quake Y Max	62,9	3400	Y	49,326	3,737	18,685	68	OK
LT 16	Quake Y Max	59,5	3400	Y	45,589	3,721	18,605	68	OK
LT 15	Quake Y Max	56,1	3400	Y	41,868	3,694	18,47	68	OK
LT 14	Quake Y Max	52,7	3400	Y	38,174	3,651	18,255	68	OK
LT 13	Quake Y Max	49,3	3400	Y	34,523	3,592	17,96	68	OK
LT 12	Quake Y Max	45,9	3400	Y	30,931	3,512	17,56	68	OK
LT 11	Quake Y Max	42,5	3400	Y	27,419	3,408	17,04	68	OK
LT 10	Quake Y Max	39,1	3400	Y	24,011	3,278	16,39	68	OK
LT 9	Quake Y Max	35,7	3400	Y	20,733	3,129	15,645	68	OK
LT 8	Quake Y Max	32,3	3400	Y	17,604	2,963	14,815	68	OK
LT 7	Quake Y Max	28,9	3400	Y	14,641	2,772	13,86	68	OK
LT 6	Quake Y Max	25,5	3400	Y	11,869	2,551	12,755	68	OK
LT 5	Quake Y Max	22,1	3400	Y	9,318	2,303	11,515	68	OK
LT 4	Quake Y Max	18,7	3400	Y	7,015	2,037	10,185	68	OK
LT 3	Quake Y Max	15,3	3400	Y	4,978	1,756	8,78	68	OK
LT 2	Quake Y Max	11,9	3400	Y	3,222	1,438	7,19	68	OK
LT 1	Quake Y Max	8,5	4500	Y	1,784	1,317	6,585	90	OK
GROUND FLOOR	Quake Y Max	4	4000	Y	0,467	0,467	2,335	80	OK

4.5.6 Kontrol Sistem Rangka Gedung

Untuk sistem rangka gedung, rangka pemikul momen harus mampu menahan ≤ 10 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 kekakuananya.

Tabel 4 27 Kontrol Sistem Rangka Gedung

Story	Shearwall		ALL	
	FY	FX	FY	FX
BASEMENT	1047,2135	1007,793	1047,214	1007,793
BASEMENT	70,9879	1571,981	70,9879	1571,981
BASEMENT	70,6508	1843,893	51,0033	125,0228

Story	Shearwall		ALL	
	FY	FX	FY	FX
BASEMENT	1048,4551	1192,536	47,7716	100,5691
BASEMENT	1596,4415	85,3426	47,7831	94,5839
BASEMENT	1596,6898	85,2129	47,0829	98,3121
BASEMENT	1048,684	1192,504	48,7751	120,1363
BASEMENT	70,6928	1843,828	70,6508	1843,893
BASEMENT	70,9114	1571,906	1048,455	1192,536
BASEMENT	1047,2423	1007,732	1596,442	85,3426
BASEMENT	1599,0269	81,9915	1596,69	85,2129
BASEMENT	1599,046	82,0049	1048,684	1192,504
BASEMENT	140,322	4,6102	70,6928	1843,828
BASEMENT	140,2367	4,6102	48,8071	120,1106
BASEMENT	140,2367	4,6102	47,0882	98,3014
BASEMENT	140,322	4,6102	47,7827	94,5804
BASEMENT	85,9532	7,3367	47,7704	100,5824
BASEMENT	85,4334	7,3299	51,0062	125,0208
BASEMENT	86,0726	7,3371	70,9114	1571,906
BASEMENT	85,8422	7,3371	1047,242	1007,732
BASEMENT	139,0847	4,6102	1599,027	81,9915
BASEMENT	139,0019	4,6102	1599,046	82,0049
BASEMENT	139,0019	4,6102	68,0252	83,5757
BASEMENT	139,0847	4,6102	54,2031	84,2564
BASEMENT	196,6511	230,1148	52,7008	83,9649
BASEMENT	195,9924	230,2342	51,6044	83,362
BASEMENT	195,995	230,2332	52,0436	84,6711
BASEMENT	196,6487	230,1139	51,6889	86,8384
BASEMENT	196,2494	230,1268	67,0968	86,6949
BASEMENT	195,8633	230,165	68,0515	83,5734
BASEMENT	195,8663	230,1645	54,2033	84,2554

Story	Shearwall		ALL	
	FY	FX	FY	FX
BASEMENT	196,2466	230,1254	52,6963	83,9658
BASEMENT	786,7881	10,5661	51,6069	83,3657
BASEMENT	786,792	10,5699	52,0367	84,6777
BASEMENT	803,301	11,2178	51,6669	86,8593
BASEMENT	803,0596	11,2326	67,0889	86,7664
BASEMENT	6,7081	670,2299	140,322	4,6102
BASEMENT	8,1205	874,3203	140,2367	4,6102
BASEMENT	6,711	670,307	140,2367	4,6102
BASEMENT	8,1245	874,3877	140,322	4,6102
BASEMENT	29,7717	7,2647	85,9532	7,3367
BASEMENT	29,7782	7,2647	85,4334	7,3299
BASEMENT	7,6649	110,5776	86,0726	7,3371
BASEMENT	7,6649	110,5789	85,8422	7,3371
BASEMENT	7,6551	110,639	139,0847	4,6102
BASEMENT	7,6551	110,6403	139,0019	4,6102
BASEMENT	29,8794	7,2647	139,0019	4,6102
BASEMENT	29,8877	7,2647	139,0847	4,6102
BASEMENT	855,54	13,0717	196,6511	230,1148
BASEMENT	737,804	25,9771	195,9924	230,2342
BASEMENT	737,7802	25,9873	195,995	230,2332
BASEMENT	855,515	13,0821	196,6487	230,1139
BASEMENT	749,3812	28,4942	196,2494	230,1268
BASEMENT	869,2374	13,9788	195,8633	230,165
BASEMENT	749,1669	28,5088	195,8663	230,1645
BASEMENT	868,9411	13,9881	196,2466	230,1254
BASEMENT	26,0592	612,9893	786,7881	10,5661
BASEMENT	9,4653	719,5633	786,792	10,5699
BASEMENT	10,8458	937,515	803,301	11,2178

Story	Shearwall		ALL	
	FY	FX	FY	FX
BASEMENT	24,7597	807,2424	803,0596	11,2326
BASEMENT	9,4851	719,636	6,7081	670,2299
BASEMENT	26,0368	613,0541	8,1205	874,3203
BASEMENT	10,8422	937,5849	6,711	670,307
BASEMENT	24,7452	807,2864	8,1245	874,3877
BASEMENT	36,6033	8,9086	29,7717	7,2647
BASEMENT	36,6033	8,9086	29,7782	7,2647
BASEMENT	36,603	8,9086	7,6649	110,5776
BASEMENT	36,603	8,9086	7,6649	110,5789
BASEMENT	93,7114	33,6819	7,6551	110,639
BASEMENT	93,7108	33,6821	7,6551	110,6403
BASEMENT	93,0071	33,6826	29,8794	7,2647
BASEMENT	93,0067	33,6827	29,8877	7,2647
BASEMENT	93,7664	33,6844	855,54	13,0717
BASEMENT	93,766	33,6848	737,804	25,9771
BASEMENT	93,4388	33,6866	737,7802	25,9873
BASEMENT	93,4386	33,6868	855,515	13,0821
BASEMENT	27,8344	113,6808	749,3812	28,4942
BASEMENT	27,8939	113,5569	869,2374	13,9788
BASEMENT	27,801	113,6636	749,1669	28,5088
BASEMENT	27,8299	113,6273	868,9411	13,9881
BASEMENT	27,8944	113,5574	26,0592	612,9893
BASEMENT	27,8339	113,6829	9,4653	719,5633
BASEMENT	27,8304	113,6272	10,8458	937,515
BASEMENT	27,8004	113,6662	24,7597	807,2424
BASEMENT	36,6129	8,9086	9,4851	719,636
BASEMENT	36,6129	8,9086	26,0368	613,0541
BASEMENT	36,6146	8,9086	10,8422	937,5849

Story	Shearwall		ALL	
	FY	FX	FY	FX
BASEMENT	36,6146	8,9086	24,7452	807,2864
BASEMENT			36,6033	8,9086
BASEMENT			36,6033	8,9086
BASEMENT			36,603	8,9086
BASEMENT			36,603	8,9086
BASEMENT			93,7114	33,6819
BASEMENT			93,7108	33,6821
BASEMENT			93,0071	33,6826
BASEMENT			93,0067	33,6827
BASEMENT			93,7664	33,6844
BASEMENT			93,766	33,6848
BASEMENT			93,4388	33,6866
BASEMENT			93,4386	33,6868
BASEMENT			27,8344	113,6808
BASEMENT			27,8939	113,5569
BASEMENT			27,801	113,6636
BASEMENT			27,8299	113,6273
BASEMENT			27,8944	113,5574
BASEMENT			27,8339	113,6829
BASEMENT			27,8304	113,6272
BASEMENT			27,8004	113,6662
BASEMENT			36,6129	8,9086
BASEMENT			36,6129	8,9086
BASEMENT			36,6146	8,9086
BASEMENT			36,6146	8,9086
SUM	25084,745	24646,31	26364,33	26910,36
% KETERCAPAIAN SW 50 CM			95,14653	91,58671
			ARAH Y	ARAH X

4.6 Perhitungan Struktur Primer

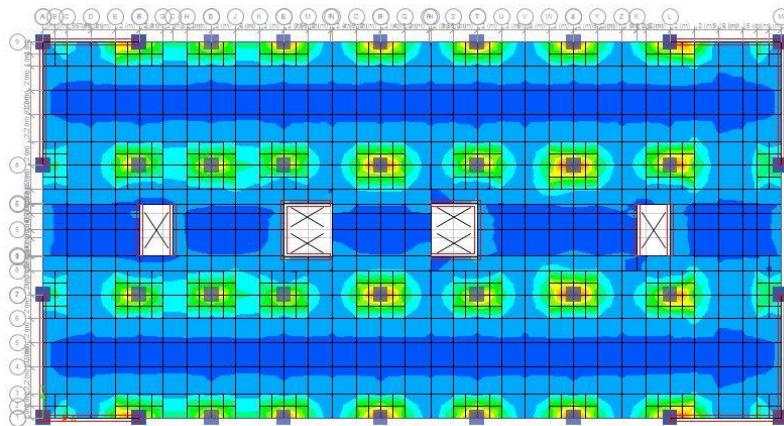
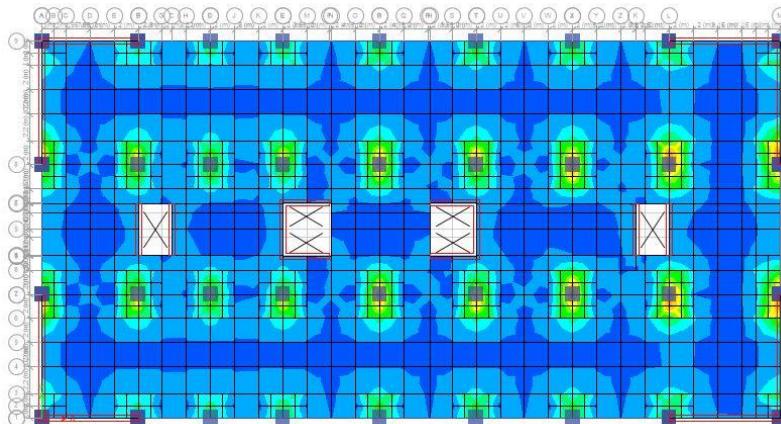
4.6.1 Umum

Struktur utama adalah elemen utama suatu gedung dan berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Elemen utama terdiri dari pelat, balok tepi, kolom dan *shear wall*. Perancangan elemen-elemen tersebut mengacu pada SNI-2847-2013.

- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Tinggi bangunan = 69.700 mm
- Luas drop panel = $4000 \times 4000 \text{ mm}^2$
- Dimensi balok tepi = $350 \times 550 \text{ mm}^2$
- Kategori resiko gempa = E
- Fungsi bangunan = Apartemen

4.6.2 Desain Pelat

Dari analisa struktur dengan bantuan program ETABS diperoleh gaya-gaya yang terjadi pada pelat akibat beban rencana. Gaya-gaya dalam yang terjadi yang digunakan sebagai dasar perancangan tulangan pelat adalah momen dan geser. Untuk momen diperhitungkan terhadap sumbu gedung baik searah sumbu x maupun sumbu y sesuai dengan momen yang terjadi sesuai arah sumbu. Dalam Desain pelat dilakukan studi terhadap perbedaan tebal pelat yang akan ditinjau penulangan pada masing – masing model.

Gambar 4 26 Momen pelat M_{x-x} (M2-2)Gambar 4 27 Momen pelat M_{y-y} (M1-1)

4.6.2.1 Data Desain

- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa

Tebal selimut beton minimum untuk tulangan, SNI 2847:2013
pasal 7.7.1 :

- Batang D-19 hingga D-56.....50
- Batang D16, jarring kawwat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil 40

4.6.2.2 Tahap Penulangan Pelat ($t = 350 \text{ mm}$)

Berdasarkan hasil analisa menggunakan program bantu ETABS didapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat yakni sebagai berikut :

- Tebal pelat lantai = 350 mm
- Diameter tulangan = 22 mm

Tabel 4 28 Rekapitulasi nilai momen yang didapat dari ETABS

Letak	Momen x (KN -m)		Momen y (KN-m)	
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	378,507	55,394	371,455	48,489
Lapangan	92,135	26,621	40,455	20,11

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

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764 > 0,65 \text{ (OK)}$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = 11,764$$

5. Menentukan Rn

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

Diketahui harga $\phi=0,9$

6. Rasio tulangan yang dibutuhkan :

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

Dimana $\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

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

8. Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$$S < 450 \text{ mm}$$

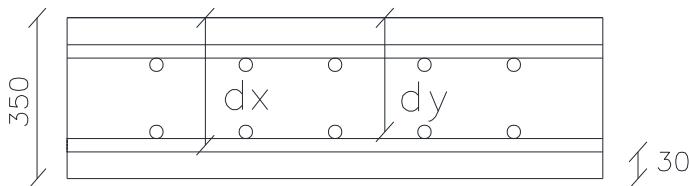
$$S < 3 \times h$$

9. Jumlah tulangan tiap meter (n) = A_s perlu / A_s tulangan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$$

10. Jarak tulangan (s)

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



4.6.2.2.1 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu X

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 378507000 Nmm
- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 22 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - (1/2.22)$$

$$= 309,00 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$Rn = \frac{\text{Mu}}{\emptyset b x dx^2} = \frac{378507000}{0,9 \times 1000 \times 309,0^2} = 4,40$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 4,40}{400}} \right)$$

$$= 0,0118$$

$$\rho \text{ min} = 0,025 > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ min} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0118$

$$\text{As perlu} = \rho \times 1000 \times dx \\ = 3657,24 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{\text{As. fy}}{0,85 \times f'c x b} = \frac{3657,24 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 43,026$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{43,026}{0,764} = 56,296$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{309,0 - 56,296}{56,296} \times 0,003 = 4,48$$

Et > 0,005 [OK]

Jadi, faktor reduks i $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\varnothing 22 \text{ mm}$, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{3657,24}$$

$$= 103,85 \text{ mm}$$

$$S = 103,85 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 22 - 100 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{100}$$

$$= 3802,86 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 3657,24 \text{ [OK]}$$

Jadi dipasang tulangan $\varnothing 22 - 100 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

- $As \min \geq 1/2 As \text{ perlu}$
 $As \min \geq 1/2 \times 3657,24$
 $As \min \geq 1828,62 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1828,62}$
- $= 207,96 \text{ mm}$, $S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$
- $As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{200}$
 $= 1901,42 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} \text{ [OK]}$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 22 - 200$ mm

- **Lapangan**

- Mu Tumpuan = 92135000 Nmm
- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton ($f'c$) = 40 MPa

$$\begin{aligned} Dx &= 350 - 30 - (1/2.13) \\ &= 313,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset b x dx^2} = \frac{92135000}{0,9 \times 1000 \times 313,5^2} = 1,04$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 1,04}{400}} \right)$$

$$= 0,0026$$

$$\rho \text{ min} = 0,025 > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ min} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0026$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times dx \\ &= 829,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'c x b} = \frac{829,27 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,75$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,75}{0,764} = 12,76$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{313,5 - 12,76}{12,76} \times 0,003 = 23,559$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduks i $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13\text{mm}$, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{829,27}$$

$$= 160,12 \text{ mm}$$

$$S = 160,12 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 150 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150}$$

$$= 885,24 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} [\text{OK}]$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

- $As \min \geq 1/2 As \text{ perlu}$
 $As \min \geq 1/2 \times 829,27$
 $As \min \geq 414,63 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{414,63}$
- $= 320,25 \text{ mm}^2, S \text{ pakai} = 300 \text{ mm}$
- $As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{300}$
 $= 442,62 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 300 \text{ mm}$

4.6.2.2.2 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah Sumbu X

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 135394000 Nmm
- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - (1/2.13)$$

$$= 313,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset b x dx^2} = \frac{135394000}{0,9 \times 1000 \times 313,5^2} = 1,53$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 1,53}{400}} \right)$$

$$= 0,0039$$

$$\rho_{\max} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0039$

$$As \text{ perlu} = \rho \times 1000 \times dx$$

$$= 1228 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'c x b} = \frac{1228 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 14,44$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{14,44}{0,764} = 18,9$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{313,5 - 18,9}{18,9} \times 0,003 = 15,58$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduks i $\phi=0,90$ dapat digunakan
Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\phi 22\text{mm}$, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1228}$$

$$= 108,14 \text{ mm}$$

$$S = 108,14 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\phi 13 - 100 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{100}$$

$$= 1327,9 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu [OK]}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As \min \geq 1/2 As \text{ perlu}$
 $As \min \geq 1/2 \times 1228$
 $As \min \geq 613,98 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{613,98}$
- $= 216,27 \text{ mm}, S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$
- $As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200}$
 $= 663,93 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu [OK]}$

Jadi dipasang tulangan $\phi 13 - 200 \text{ mm}$

- **Lapangan**

- Mu Tumpuan = 86621000 Nmm
- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - (1/2.13)$$

$$= 313,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$Rn = \frac{\text{Mu}}{\emptyset b x dx^2} = \frac{86621000}{0,9 \times 1000 \times 313,5^2} = 0,97$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 0,97}{400}} \right)$$

$$= 0,0025$$

$$\rho \text{ min} = 0,025 > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ min} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = \rho \text{ min} = 0,0025$

$$As \text{ perlu} = \rho \times 1000 \times dx$$

$$= 778,89 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'c x b} = \frac{778,89 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,16$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,16}{0,764} = 11,98$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{313,5 - 11,98}{11,98} \times 0,003 = 25,14$$

Et > 0,005 [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

$$- S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$$

- 450 mm

Dipakai tulangan Ø13mm, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{778,89} = 170,48 \text{ mm}^2$$

$$S = 170,48 \text{ mm}^2 < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow \text{Spakai} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø 13 - 150 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150} \\ &= 885,24 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} [\text{OK}] \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- As min $\geq 1/2$ As perlu
As min $\geq 1/2 \times 778,89$
As min $\geq 389,45 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{389,45}$
- $= 340,96 \text{ mm}$, S pakai = 300 mm
- $\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{300}$
 $= 442,62 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan Ø 13 - 300 mm

4.6.2.2.3 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu Y

- **Tumpuan**
 - Mu Tumpuan = 371455000 Nmm

- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 22 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - 22 - (1/2.22)$$

$$= 287 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset b x dy^2} = \frac{371455000}{0,9 \times 1000 \times 287^2} = 5,01$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 5,01}{400}} \right)$$

$$= 0,0136$$

$$\rho \text{ min} = 0,025 > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ min} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0136$

$$As \text{ perlu} = \rho \times 1000 \times dy$$

$$= 3908,26 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'c x b} = \frac{3908,26 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 45,97$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{45,97}{0,764} = 60,16$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{287-60,16}{60,16} \times 0,003 = 3,77$$

Et > 0,005 [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 22 \text{ mm}$, sehingga jarak antar

Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{3908,26}$$

$$= 97,30 \text{ mm}$$

$$S = 97,30 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 90 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 22 - 100 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{90}$$

$$= 4225,4 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} [\text{OK}]$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As \min \geq 1/2 As \text{ perlu}$
 $As \min \geq 1/2 \times 3908,26$
 $As \min \geq 1954,13 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1954,13}$
- $= 194,60 \text{ mm}$, $S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$
- $As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{150}$
 $= 2535,24 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 22 - 150 \text{ mm}$

• Lapangan

- Mu Lapangan = 70455000 Nmm
- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm

- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - 13 - (1/2.13)$$

$$= 300,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\emptyset b x D x^2} = \frac{70455000}{0,9 \times 1000 \times 300,5^2} = 0,86$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 0,86}{400}} \right)$$

$$= 0,0022$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0022$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times 1000 \times d_y \\ = 659,8 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \times f'_{cx} b} = \frac{659,8 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 7,76$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7,76}{0,764} = 10,15$$

$$E_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003 = \frac{300,5 - 10,15}{10,15} \times 0,003 = 28,58$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $i = \emptyset = 0,90$ dapat digunakan
Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar
Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{659,8}$$

$$= 201,25 \text{ mm}$$

$$S = 201,25 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200} \\ &= 663,93 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} [\text{OK}] \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

- $As \text{ min} \geq 1/2 As \text{ perlu}$
 $As \text{ min} \geq 1/2 \times 659,8$
 $As \text{ min} \geq 329,93 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{329,93}$
- $= 402,5 \text{ mm}$, $S \text{ pakai} = 400 \text{ mm}$
- $As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{400}$
 $= 331,96 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 400 \text{ mm}$

4.6.2.2.4 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah Sumbu Y

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 88489000 Nmm
- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - 13 - (1/2.13)$$

$$= 300,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset bxdy^2} = \frac{88489000}{0,9 \times 1000 \times 300,5^2} = 1,08$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 1,08}{400}} \right)$$

$$= 0,002$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,002$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times dy$$

$$= 601 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'cx \cdot b} = \frac{601 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 7,07$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7,07}{0,764} = 9,25$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{300,5-9,25}{9,25} \times 0,003 = 31,48$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $i = \emptyset = 0,90$ dapat digunakan
Syarat jarak maksimum

$$- S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar

Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{601}$$

$$= 220,94 \text{ mm}$$

$$S = 220,94 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200} \\ &= 663,93 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu [OK]} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\min} \geq 1/2 As_{\text{perlu}}$
 $As_{\min} \geq 1/2 \times 601$
 $As_{\min} \geq 300,5 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{300,5}$
- $= 441,88 \text{ mm}$, $S_{\text{pakai}} = 400 \text{ mm}$
- $As_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{400}$
 $= 331,96 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 400 \text{ mm}$

Lapangan

- Mu Lapangan = 65110000 Nmm
- Tebal pelat = 350 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - 13 - (1/2 \cdot 13)$$

$$= 300,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset bxdx^2} = \frac{65110000}{0,9 \times 1000 \times 300,5^2} = 0,80$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 0,80}{400}} \right)$$

$$= 0,00202$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,00202$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times dy$$

$$= 601 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'cx \cdot b} = \frac{601 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 7,07$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7,07}{0,764} = 9,25$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{300,5-9,25}{9,25} \times 0,003 = 31,48$$

Et > 0,005 [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum :

- $S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{601}$$

$$= 220,94 \text{ mm}$$

$$S = 220,94 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 13$ -200 mm

$$\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200}$$

$$= 663,93 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- As min $\geq 1/2$ As perlu
As min $\geq 1/2 \times 601$
As min $\geq 300,5 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{300,5}$
- $= 441,88 \text{ mm}$, S pakai = 400 mm
- As pakai $= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{400}$
 $= 331,96 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]}$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13$ - 400 mm

4.6.2.2.5 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser

Dalam Desain pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

Tabel 4 29 Nilai Vu dan Mu Kolom Interior

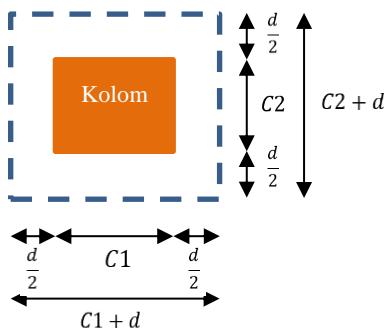
Kolom Interior		
Ukuran (mm)	Vu (N)	Mu (N-mm)
600 x 600	296326	192572600
800 x 800	267147,3	455410600

Kolom Interior		
Ukuran (mm)	Vu (N)	Mu (N-mm)
1000 x 1000	254455,3	534373000
1200 x 1200	544859	876509300

Tabel 4 30 Nilai Vu dan Mu Kolom Eksterior

Kolom Eksterior		
Ukuran (mm)	Vu (N)	Mu (N-mm)
600 x 600	202089,4	156667100
800 x 800	131563,2	304447500
1000 x 1000	279557,3	302105700
1200 x 1200	387312,3	475603200

- Kolom Interior**



a) Kolom 600 x 600 Interior

- Vu = 296326 N
- Pelat = 350 mm
- Drop Panel = 100 mm
- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 600, 600
- as kolom interior = 30 mm

- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(350 + 150) - 20 - 16 - 16/2$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d + C2 + d)$
= 4024 mm
- Ao = $bo \times d$
= 1633744 mm^2
- Vc = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \cdot bo \times d}{6}$
= 5166352,154 N
- Vc = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12}$
= 5197165,387 N
- Vc = $\frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c}$
= 3444234,77 N
- Vc pakai = 3444234,77 N (Terkecil)
- $0,75 Vc$ pakai > V_u = 296326 N [Tidak butuh tulangan geser]

b) Kolom 800 x 800 Interior

- V_u = 267147,3 N
- Pelat = 350 mm
- Drop Panel = 100 mm
- Selimut = 20 mm
- $C1, C2$ = 800, 800
- αs kolom interior = 30 mm
- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(350 + 150) - 20 - 16 - 16/2$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d + C2 + d)$
= 4824 mm
- Ao = $bo \times d$
= 1958544 mm^2

-	Vc	$= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o x d}{6}$
-	Vc	$= 6193459,94 \text{ N}$
-	Vc	$= \left(\frac{\alpha_s x d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} x b_o x d}{12}$
-	Vc	$= 5539534,65 \text{ N}$
-	Vc	$= \frac{1}{3} x b_o x d x \sqrt{f_c}$
-	Vc	$= 4218973,29 \text{ N}$
-	Vc pakai (Terkecil)	$= 4218973,29 \text{ N}$
-	0,75 Vc pakai > Vu butuh tulangan geser]	$= 267147,3 \text{ N} [\text{Tidak perlu tulangan geser}]$

c) Kolom 1000 x 1000 Interior

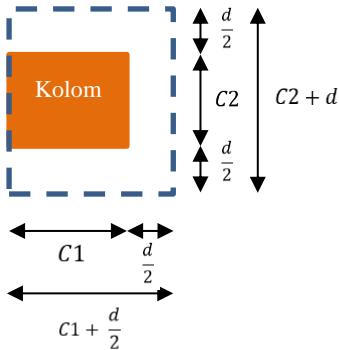
-	Vu	$= 254455,3 \text{ N}$
-	Pelat	$= 350 \text{ mm}$
-	Drop Panel	$= 100 \text{ mm}$
-	Selimut	$= 20 \text{ mm}$
-	C1, C2	$= 1000, 1000$
-	as kolom interior	$= 30 \text{ mm}$
-	as kolom eksterior	$= 40 \text{ mm}$
-	d	$= (350 + 150) - 20 - 16 - 16/2$
-		$= 406 \text{ mm}$
-	bo	$= 2 \times (C1 + d + C2 + d)$
-		$= 5624 \text{ mm}$
-	Ao	$= b_o x d$
-		$= 2283344 \text{ mm}^2$
-	Vc	$= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o x d}{6}$
-		$= 7220567,72 \text{ N}$
-	Vc	$= \left(\frac{\alpha_s x d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} x b_o x d}{12}$
-		$= 5881903,91 \text{ N}$
-	Vc	$= \frac{1}{3} x b_o x d x \sqrt{f_c}$

- = 4813711,814 N
- Vc pakai = 4813711,814 N (Terkecil)
- 0,75 Vc pakai > Vu = 254455,3N [Tidak butuh tulangan geser]

d) Kolom 1200 x 1200 Interior

- Vu = 544859 N
- Pelat = 350 mm
- Drop Panel = 100 mm
- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 1200, 1200
- as kolom interior = 30 mm
- as kolom eksterior = 40 mm
- d = $(350 + 150) - 20 - 16 - 16 / 2$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d + C2 + d)$
= 64244 mm
- Ao = $bo \times d$
= 2608144 mm²
- Vc = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \times bo \times d}{6}$
= 8247675,51 N
- Vc = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12}$
= 6224273,17 N
- Vc = $\frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c}$
= 5498450,337 N
- Vc pakai (Terkecil) = 5498450,337 N
- 0,75 Vc pakai > Vu = 544859 N [Tidak butuh tulangan geser]

- Kolom Eksterior



a) Kolom 600 x 600 Eksterior

- V_u = 202089,4 N
- Pelat = 350 mm
- Drop Panel = 100 mm
- Selimut = 20 mm
- C_1, C_2 = 600, 600
- αs kolom interior = 30 mm
- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(350 + 150) - 20 - 16 - 16/2$
= 406 mm
- b_o = $2 \times (C_1 + d/2 + C_2 + d)$
= 3424 mm
- A_o = $b_o \times d$
= 1390144 mm²
- V_c = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{c'}} b_o \times d}{6}$
= 4396021,32 N
- V_c = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
= 4940388,44 N
- V_c = $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
= 2930680,88 N
- V_c pakai = 2930680,88 N (Terkecil)

- $0,75V_c$ pakai $> V_u = 202089,4 \text{ N}$ [Tidak butuh tulangan geser]

b) Kolom 800 x 800 Eksterior

- V_u = 131563,2 N
- Pelat = 350 mm
- Drop Panel = 100 mm
- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 800, 800
- αs kolom interior = 30 mm
- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(350 + 150) - 20 - 16 - 16 / 2$
= 406 mm
- b_o = $2 \times (C_1 + d/2 + C_2 + d)$
= 4024 mm
- A_o = $b_o \times d$
= 1633744 mm²
- V_c = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{c,x}} b_o \times d}{6}$
= 5166352,1544 N
- V_c = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
= 5197165,38 N
- V_c = $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
= 3444234,77 N
- V_c pakai (Terkecil) = 3444234,77 N
- $0,75 V_c$ pakai $> V_u$ = 131563,2N [Tidak butuh tulangan geser]

c) Kolom 1000 x 1000 Eksterior

- V_u = 279557,3 N
- Pelat = 350 mm
- Drop Panel = 100 mm

- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 1000, 1000
- as kolom interior = 30 mm
- as kolom eksterior = 40 mm
- d = $(350 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2}$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$
= 4624 mm
- Ao = $bo \times d$
= 1877344 mm^2
- $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \cdot bo \times d}{6}$
= 5936682,99 N
- $V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12}$
= 5453942,33 N
- $V_c = \frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c}$
= 3957788,66 N
- Vc pakai = 3957788,66 N (Terkecil)
- 0,75 Vc pakai > Vu = 279557,3 N [Tidak butuh tulangan geser]

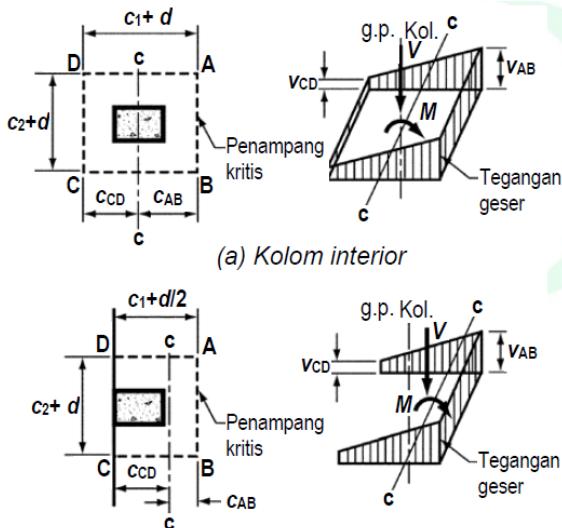
d) Kolom 1200 x 1200 Eksterior

- Vu = 202089,4 N
- Pelat = 350 mm
- Drop Panel = 100 mm
- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 1200, 1200
- as kolom interior = 30 mm
- as kolom eksterior = 40 mm
- d = $(350 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2}$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$

- $A_o = 5224 \text{ mm}$
- $V_c = bo \times d = 2120944 \text{ mm}^2$
- $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{c,x}} \times bo \times d}{6} = 6707013,83 \text{ N}$
- $V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12} = 5710719,28 \text{ N}$
- $V_c = \frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c} = 4471342,55 \text{ N}$
- $V_c \text{ pakai} = 4471342,55 \text{ N (Terkecil)}$
- $0,75 V_c \text{ pakai} > V_u = 387312,3 \text{ N [Tidak butuh tulangan geser]}$

4.6.2.2.6 Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.11.7.1, dalam Desain pelat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada muka kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara pelat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus dilimpahkan sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris.



Gambar 4 28 Pelimpahan Momen dan Gaya Geser

(Sumber : SNI 2847-2013 Gambar S11.11.7.2)

a) Kolom 600 x 600 Interior

- $V_u = 29632,6 \text{ kg}$
- $M_u = 19257,26 \text{ kg-m}$
- $A_o = 1633744 \text{ mm}^2$
 $= 1,633 \text{ m}^2$
- $d = 406 \text{ mm} = 0,406 \text{ m}$
- $c_1, c_2 + d = 600 + 406 = 1006 \text{ mm}$
 $= 1,006 \text{ m}$
- $C_{ab} = \frac{1}{2} \times 1,006 = 0,503 \text{ m}$
- $J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$
 $= 0,287$
- $\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}}$
 $= 0,4 \text{ m}^4$

- $V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 31648,002 \text{ kg}$
- $V_{uCD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 4627,69 \text{ kg}$
- $V_u \text{ perlu} = 31648,002 \text{ kg} = 316480 \text{ N}$
- $\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$
 $= 1580903,76 \text{ N}$
- $V_u < \emptyset V_c$ (Tidak butuh tulangan geser)

b) Kolom 800 x 800 Interior

- $V_u = 26714,73 \text{ kg}$
- $M_u = 45541,06 \text{ kg-m}$
- $A_o = 1958544 \text{ mm}^2$
 $= 1,958 \text{ m}^2$
- $d = 406 \text{ mm} = 0,406 \text{ m}$
- $c_1, c_2 + d = 800 + 406 = 1206 \text{ mm}$
 $= 1,206 \text{ m}$
- $C_{ab} = \frac{1}{2} \times 1,206 = 0,603 \text{ m}$
- $J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$
 $= 0,488$
- $\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}}$
 $= 0,4 \text{ m}^4$
- $V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 36139,44 \text{ kg}$
- $V_{uCD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= -8859,245 \text{ kg}$
- $V_u \text{ perlu} = 36139,44 \text{ kg} = 361394,4 \text{ N}$
- $\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$
 $= 1895198,741 \text{ N}$

- $V_u < \emptyset V_c$ (Tidak butuh tulangan geser)
- c) Kolom 1000 x 1000 Interior
- $V_u = 25445,53 \text{ kg}$
 - $M_u = 53437,3 \text{ kg-m}$
 - $A_o = 2283344 \text{ mm}^2$
 $= 2,283 \text{ m}^2$
 - $d = 406 \text{ mm} = 0,406 \text{ m}$
 - $c_1, c_2 + d = 1000 + 406 = 1406 \text{ mm}$
 $= 1,406 \text{ m}$
 - $C_{ab} = \frac{1}{2} \times 1,406 = 0,703 \text{ m}$
 - $J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$
 $= 0,77$
 - $\gamma v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}}$
 $= 0,4 \text{ m}^4$
 - $V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 30710,283 \text{ kg}$
 - $V_{uCD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= -8422,33 \text{ kg}$
 - $V_u \text{ perlu} = 30710,28 \text{ kg} = 307102,8 \text{ N}$
 - $\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$
 $= 2209493,72 \text{ N}$
 - $V_u < \emptyset V_c$ (Tidak butuh tulangan geser)
- d) Kolom 1200 x 1200 Interior
- $V_u = 54485,9 \text{ kg}$
 - $M_u = 87650,93 \text{ kg-m}$
 - $A_o = 2608144 \text{ mm}^2$
 $= 2,608 \text{ m}^2$
 - $d = 406 \text{ mm} = 0,406 \text{ m}$
 - $c_1, c_2 + d = 1200 + 406 = 1606 \text{ mm}$

- = 1,606 m
- Cab = $\frac{1}{2} \times 1,606 = 0,803$ m
 - Jc = $\frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$
= 1,139
 - γv = $1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}}$
= 0,4 m⁴
 - VuAB = $\frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
= 45606,59 kg
 - VuCD = $\frac{Vu}{Ao} - \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
= -3825,24 kg
 - Vu perlu = 4506,59 kg = 456065,9 N N
 - $\emptyset Vc$ = $\emptyset \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$
= 2523788,705 N
 - Vu < $\emptyset Vc$ (Tidak butuh tulangan geser)

4.6.2.3 Tahap Penulangan Pelat ($t = 250$ mm)

Berdasarkan hasil analisa menggunakan program bantu ETABS didapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat yakni sebagai berikut :

- Tebal pelat lantai = 250 mm
- Diameter tulangan = 19 mm

Tabel 4 31 Rekapitulasi nilai momen yang didapat dari ETABS

Letak	Momen x (KN ·m)		Momen y (KN·m)	
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	206,649	88,315	222,595	78,315
Lapangan	85,632	62,737	69,023	57,423

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

1. Menentukan data-data d, fy, f'c, dan Mu
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \quad \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = 11,764$$

5. Menentukan Rn

$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2}$$

Diketahui harga $\phi = 0,75$

6. Rasio tulangan yang dibutuhkan :

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

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{As}{b \times d}$$

$$As = \rho \times b \times d$$

8. Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$S < 450 \text{ mm}$

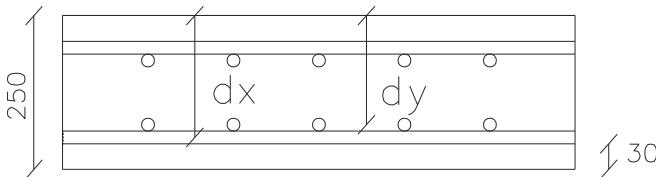
$S < 3 \times h$

9. Jumlah tulangan tiap meter (n) = A_{Sperlu} / As tulangan

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}}$$

10. Jarak tulangan (s)

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



4.6.2.3.1 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu X

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 206649000 Nmm
- Tebal pelat = 250 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 19 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (f_c') = 40 MPa

$$Dx = 250 - 30 - (1/2.19)$$

$$= 210,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset b x dx^2} = \frac{206649000}{0,9 \times 1000 \times 210,5^2} = 5,18$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 5,18}{400}} \right)$$

$$= 0,0141$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0141$

$$\text{As perlu} = \rho \times 1000 \times dx \\ = 2974,14 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{\text{As. fy}}{0,85 \times f'_{cx} b} = \frac{2974,14 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 34,99$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{34,99}{0,764} = 45,78$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{210,5 - 45,78}{45,78} \times 0,003 = 3,59$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $i \emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 19 \text{ mm}$, sehingga jarak antar

Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 210,5^2 \times 1000}{2974,14} \\ = 95,37 \text{ mm}$$

$$S = 95,37 \text{ mm} < S_{max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 90 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 19 - 90 \text{ mm}$

$$\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\ = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{90} \\ = 3151,59 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 2974,14 \text{ [OK]}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 19 - 90 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- As min $\geq 1/2$ As perlu
 $As_{min} \geq 1/2 \times 2974,14$
 $As_{min} \geq 1487,07 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times x_b}{As_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{1487,07}$
- $= 190,74 \text{ mm}$, S pakai $= 150 \text{ mm}$
- $As_{pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times x_b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{150}$
 $= 1890,95 \text{ mm}^2 > As_{perlu} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 19 - 150 \text{ mm}$

• Lapangan

- Mu Tumpuan $= 85632000 \text{ Nmm}$
- Tebal pelat $= 250 \text{ mm}$
- Tebal selimut beton $= 30 \text{ mm}$
- Diameter tulangan $= 13 \text{ mm}$
- Mutu baja (fy) $= 400 \text{ MPa}$
- Mutu beton (f'c) $= 40 \text{ MPa}$

$$Dx = 250 - 30 - (1/2.13)$$

$$= 213,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset b x dx^2} = \frac{85632000}{0,9 \times 1000 \times 213,5^2} = 2,08$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 2,08}{400}} \right)$$

$$= 0,0054$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0054$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times dx$$

$$= 1150,6 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'cx \times b} = \frac{1150,6 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 13,54$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{13,54}{0,764} = 17,71$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{213,5 - 17,71}{17,71} \times 0,003 = 11,05$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $i \emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$

- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1150,6}$$

$$= 115,41 \text{ mm}$$

$$S = 115,41 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 100 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 100 \text{ mm}$

$$As_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{100}$$

$$= 1327,9 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} [\text{OK}]$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- As min $\geq 1/2$ As perlu

$$\text{As min} \geq 1/2 \times 421$$

$$\text{As min} \geq 575,3 \text{ mm}^2$$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 213,5^2 \times 1000}{575,3}$
- $= 230,81 \text{ mm}^2, S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$
- $\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 213,5^2}{200}$
 $= 663,93 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]}$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

4.6.2.3.2 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah Sumbu X

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 88315000 Nmm
- Tebal pelat = 250 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa

$$\begin{aligned} D_x &= 250 - 30 - (1/2.13) \\ &= 213,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\emptyset b x D_x^2} = \frac{88315000}{0,9 \times 1000 \times 213,5} = 2,15$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 2,15}{400}} \right)$$

$$= 0,0056$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,0056$

$$\text{As perlu} = \rho \times 1000 \times dx$$

$$= 1187,9 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{\text{As. fy}}{0,85 \times f'_{cx} b} = \frac{1187,9 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 13,97$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{13,97}{0,764} = 18,28$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{213,5 - 18,28}{18,28} \times 0,003 = 10,67$$

Et > 0,005 [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1187,9}$$

$$= 111,78 \text{ mm}$$

$$S = 111,78 \text{ mm} > S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 100 \text{ mm}$

$$\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{100} \\ = 1327,9 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu [OK]}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{min} \geq 1/2 As_{perlu}$
 $As_{min} \geq 1/2 \times 581,04$
 $As_{min} \geq 593,96 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{593,96}$
- $= 223,56 \text{ mm}$, $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$
- $As_{pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200}$
 $= 663,93 \text{ mm}^2 > As_{perlu} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

• Lapangan

- Mu Tumpuan = 62737000 Nmm
- Tebal pelat = 250 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton ($f'c$) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - (1/2.13)$$

$$= 213,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\emptyset b \times dx^2} = \frac{62737000}{0,9 \times 1000 \times 213,5^2} = 1,53$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 1,53}{400}} \right)$$

$$= 0,0039$$

$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$
Maka, dipakai $\rho = \rho_{\text{min}} = 0,0039$

$$\text{As perlu} = \rho \times 1000 \times dx$$

$$= 835,48 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{\text{As. fy}}{0,85 \times f'_{cx} b} = \frac{835,48 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,83$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,83}{0,764} = 12,86$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{213,5 - 9,83}{9,83} \times 0,003 = 15,60$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 350 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar

Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{835,48}$$

$$= 158,93 \text{ mm}$$

$S = 158,93 \text{ mm} > S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \rightarrow \text{Spakai} = 150 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 As \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150} \\
 &= 442,62 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu [OK]}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\min} \geq 1/2 As_{\text{perlu}}$
 $As_{\min} \geq 1/2 \times 421$
 $As_{\min} \geq 417,74 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{417,74}$
- $= 317,87 \text{ mm}$, $S_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$
- $As_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{300}$
 $= 442,62 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu [OK]}}$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 300 \text{ mm}$

4.6.2.3.3 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu Y

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 222595000 Nmm
- Tebal pelat = 250 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 19 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton ($f'c$) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - 19 - (1/2 \cdot 19)$$

$$= 191,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset bxdy^2} = \frac{222595000}{0,9 \times 1000 \times 191,5^2} = 6,74$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 6,74}{400}} \right)$$

$$= 0,0189$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0189$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times dy$$

$$= 3646,61 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As_{\text{fy}}}{0,85 \times f'cx \times b} = \frac{3646,61 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 42,76$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{42,76}{0,764} = 55,94$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{191,5 - 55,94}{55,94} \times 0,003 = 2,42$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 350 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 19 \text{ mm}$, sehingga jarak antar

Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{3634,61}$$

$$= 78,04 \text{ mm}$$

$S = 78,04 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$, Spakai = 75 mm

Tulangan yang dipakai Ø19 - 75 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{75} \\ &= 3781,9 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- As min $\geq 1/2$ As perlu
As min $\geq 1/2 \times 3634,61$
As min $\geq 1817,3 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{1817,3}$
- $= 156,08 \text{ mm}$, S pakai $= 150 \text{ mm}$
- As pakai $= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{150}$
 $= 1890,95 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]}$

Jadi dipasang tulangan Ø 19 - 150 mm

- **Lapangan**

- Mu Lapangan $= 69023000 \text{ Nmm}$
- Tebal pelat $= 250 \text{ mm}$
- Tebal selimut beton $= 30 \text{ mm}$
- Diameter tulangan $= 13 \text{ mm}$
- Mutu baja (fy) $= 400 \text{ MPa}$
- Mutu beton (f'c) $= 40 \text{ MPa}$

$$Dx = 250 - 30 - 13 - (1/2.13)$$

$$= 200,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset b x dx^2} = \frac{69023000}{0,9 \times 1000 \times 200,5^2} = 1,91$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 1,91}{400}} \right)$$

$$= 0,0049$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0049$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times dy$$

$$= 984,71 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As_{\text{fy}}}{0,85 \times f'c x b} = \frac{984,71 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 11,58$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,58}{0,764} = 15,16$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{200,5 - 15,16}{15,16} \times 0,003 = 12,23$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar

Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{984,71}$$

$$= 134,85 \text{ mm}$$

$$S = 134,85 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 120 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{120} \\ &= 1106,5 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- As min $\geq 1/2 \text{ As perlu}$
As min $\geq 1/2 \times 984,71$
As min $\geq 492,36 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{492,71}$
- $= 269,69 \text{ mm}^2, S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$
- As pakai $= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{250}$
 $= 531,14 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]}$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 250 \text{ mm}$

4.6.2.3.4 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah Sumbu Y

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 78315000 Nmm
- Tebal pelat = 250 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa

$$Dx = 250 - 30 - 13 - (1/2.13)$$

$$= 200,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset bxdy^2} = \frac{78315000}{0,9 \times 1000 \times 200,5^2} = 2,16$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 2,16}{400}} \right)$$

$$= 0,0056$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,025 < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} = 0,002$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0056$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times dy$$

$$= 1121,9 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'cx \cdot b} = \frac{1121,9 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 13,19$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{13,19}{0,764} = 17,27$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{200,5 - 17,27}{17,27} \times 0,003 = 10,61$$

$Et > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$

- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar

Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1121,9}$$

$$= 118,36 \text{ mm}$$

$$S = 118,36 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} As_{\text{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{100} \\ &= 1327,9 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} [\text{OK}] \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\min} \geq 1/2 As_{\text{perlu}}$
 $As_{\min} \geq 1/2 \times 1121,9$
 $As_{\min} \geq 560,96 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{560,96}$
- $= 236,71 \text{ mm}^2, S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$
- $As_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200}$
 $= 663,93 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} [\text{OK}]$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

- **Lapangan**

- Mu Lapangan = 57423000 Nmm
- Tebal pelat = 250 mm
- Tebal selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$Dx = 350 - 30 - 13 - (1/2 \cdot 13)$$

$$= 200,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset bxdx^2} = \frac{57423000}{0,9 \times 1000 \times 200,5^2} = 1,59$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 1,59}{400}} \right)$$

$$= 0,004$$

$\rho_{\text{min}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,002$
Maka, dipakai $\rho = 0,004$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times dy$$

$$= 815,042 \text{ mm}^2$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As_{\text{fy}}}{0,85 \times f_{cx} b} = \frac{815,042 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,58$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,58}{0,764} = 12,55$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{200,5 - 12,55}{12,55} \times 0,003 = 14,98$$

Et > 0,005 [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan
Syarat jarak maksimum :

- $S < 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar Tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{815,042}$$

$$= 162,92 \text{ mm}$$

$S = 162,92 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 150 \text{ mm}$
Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 150 \text{ mm}$

$$\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150} \\ = 442,62 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]}$$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- As min $\geq 1/2$ As perlu
As min $\geq 1/2 \times 383$
As min $\geq 407,52 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{407,521}$
- $= 325,84 \text{ mm}^2, S \text{ pakai} = 300 \text{ mm}$
- $\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{300}$
 $= 442,62 \text{ mm}^2 > \text{As perlu [OK]}$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 300 \text{ mm}$

4.6.2.3.5 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser

Dalam Desain pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

Tabel 4 32 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS

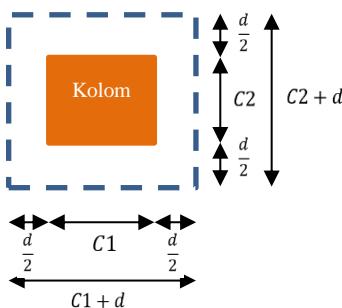
Kolom Interior		
Ukuran	Vu (N)	Mu (N-mm)
600 x 600	296,33	192,57

Kolom Interior		
Ukuran	Vu (N)	Mu (N-mm)
800 x 800	267,15	455,41
1000 x 1000	254,46	534,37
1200 x 1200	544,86	876,51

Tabel 4 33 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS

Kolom Eksterior		
Ukuran	Vu (N)	Mu (N-mm)
600 x 600	202,09	156,67
800 x 800	131,56	304,45
1000 x 1000	279,56	302,11
1200 x 1200	387,31	475,60

- Kolom Interior**



a) Kolom 600 x 600 Interior

- Vu = 296326 N
- Pelat = 250 mm
- Drop Panel = 200 mm
- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 600, 600

- αs kolom interior = 30 mm
- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(250 + 200) - 20 - 16 - 16/2$
= 406 mm
- b_o = $2 \times (C_1 + d + C_2 + d)$
= 4024 mm
- A_o = $b_o \times d$
= 1633744 mm^2
- V_c = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o \times d}{6}$
= 5166352,154 N
- V_c = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o \times d}{12}$
= 5197165,387 N
- V_c = $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
= 3444234,769 N
- V_c pakai = 3444234,769 N (Terkecil)
- $0,75 V_c$ pakai > V_u = 296326 N [Tidak butuh tulangan geser]

b) Kolom 800 x 800 Interior

- V_u = 267147,3 N
- Pelat = 250 mm
- Drop Panel = 200 mm
- Selimut = 20 mm
- C_1, C_2 = 800, 800
- αs kolom interior = 30 mm
- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(250 + 200) - 20 - 16 - 16/2$
= 406 mm
- b_o = $2 \times (C_1 + d + C_2 + d)$
= 4824 mm
- A_o = $b_o \times d$

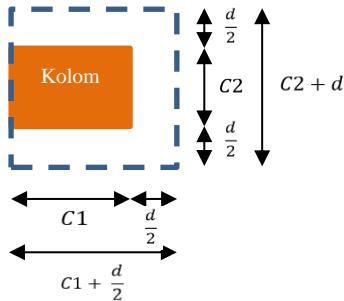
- $= 19958544 \text{ mm}^2$
 - $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o \times d}{6}$
 $= 6193459,94 \text{ N}$
 - $V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
 $= 5539534,65 \text{ N}$
 - $V_c = \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
 $= 4128973,29 \text{ N}$
 - V_c pakai $= 4128973,29 \text{ N}$ (Terkecil)
 - $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 267147,3 \text{ N}$ [Tidak butuh tulangan geser]

c) Kolom 1000 x 1000 Interior

- $V_u = 254455,3 \text{ N}$
 - Pelat $= 250 \text{ mm}$
 - Drop Panel $= 200 \text{ mm}$
 - Selimut $= 20 \text{ mm}$
 - $C_1, C_2 = 1000, 1000$
 - α_s kolom interior $= 30 \text{ mm}$
 - α_s kolom eksterior $= 40 \text{ mm}$
 - $d = (250 + 200) - 20 - 16 - 16/2$
 $= 406 \text{ mm}$
 - $b_o = 2 \times (C_1 + d + C_2 + d)$
 $= 5624 \text{ mm}$
 - $A_o = b_o \times d$
 $= 2283344 \text{ mm}^2$
 - $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o \times d}{6}$
 $= 7220567,722 \text{ N}$
 - $V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
 $= 5881903,91 \text{ N}$
 - $V_c = \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
 $= 4813711,81 \text{ N}$

- V_c pakai $= 4813711,81 \text{ N}$ (Terkecil)
 - $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 254455,3 \text{ N}$ [Tidak butuh tulangan geser]
- d) Kolom 1200 x 1200 Interior
- V_u $= 544859 \text{ N}$
 - Pelat $= 250 \text{ mm}$
 - Drop Panel $= 200 \text{ mm}$
 - Selimut $= 20 \text{ mm}$
 - C1, C2 $= 1200, 1200$
 - as kolom interior $= 30 \text{ mm}$
 - as kolom eksterior $= 40 \text{ mm}$
 - d $= (250 + 200) - 20 - 16 - 16 / 2$
 $= 406 \text{ mm}$
 - bo $= 2 \times (C1 + d + C2 + d)$
 $= 6424 \text{ mm}$
 - Ao $= bo \times d$
 $= 2608144 \text{ mm}^2$
 - V_c $= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{c,x}} \cdot bo \times d}{6}$
 $= 8247675,51 \text{ N}$
 - V_c $= \left(\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12}$
 $= 6224273,17 \text{ N}$
 - V_c $= \frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c}$
 $= 5498450,34 \text{ N}$
 - V_c pakai $= 5498450,34 \text{ N}$ (Terkecil)
 - $0,75 V_c$ pakai $> V_u = 544859 \text{ N}$ [Tidak butuh tulangan geser]

- **Kolom Eksterior**



a) Kolom 600 x 600 Eksterior

- $V_u = 202089,4 \text{ N}$
- Pelat = 250 mm
- Drop Panel = 200 mm
- Selimut = 20 mm
- $C_1, C_2 = 600, 600$
- $as \text{ kolom interior} = 30 \text{ mm}$
- $as \text{ kolom eksterior} = 40 \text{ mm}$
- $d = (350 + 150) - 20 - 16 - 16/2 = 406 \text{ mm}$
- $b_o = 2 \times (C_1 + d/2 + C_2 + d) = 3424 \text{ mm}$
- $A_o = b_o \times d = 1390144 \text{ mm}^2$
- $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cX}} b_o \times d}{6} = 4396021,316 \text{ N}$
- $V_c = \left(\frac{as \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} = 49403888,441 \text{ N}$
- $V_c = \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} = 2930680,88 \text{ N}$
- $V_c \text{ pakai} = 2930680,88 \text{ N (Terkecil)}$
- $0,75 V_c \text{ pakai} > V_u = 202089,4 \text{ N [Tidak butuh tulangan geser]}$

b) Kolom 800 x 800 Eksterior

- Vu = 131563,2 N
- Pelat = 250 mm
- Drop Panel = 200 mm
- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 800, 800
- as kolom interior = 30 mm
- as kolom eksterior = 40 mm
- d = $(250 + 200) - 20 - 16 - 16 / 2$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$
= 4024 mm
- Ao = bo x d
= 1633744 mm²
- Vc = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{6}$
= 5166352,154 N
- Vc = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12}$
= 5197165,38 N
- Vc = $\frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c}$
= 3444234,769 N
- Vc pakai = 3444234,769 N (Terkecil)
- 0,75 Vc pakai > Vu = 131563,2N [Tidak butuh tulangan geser]

c) Kolom 1000 x 1000 Eksterior

- Vu = 279557,3 N
- Pelat = 250 mm
- Drop Panel = 200 mm

- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 1000, 1000
- αs kolom interior = 30 mm
- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(250 + 200) - 20 - 16 - 16 / 2$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$
= 4624 mm
- Ao = $bo \times d$
= 1877344 mm^2
- $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cex}} \cdot bo \times d}{6}$
= 5936682,99 N
- $V_c = \left(\frac{\alpha s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12}$
= 5453942,33 N
- $V_c = \frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c}$
= 3957788,66 N
- V_c pakai = 3957788,66 N (Terkecil)
- $0,75V_c$ pakai > $V_u = 279557,3 \text{ N}$ [Tidak butuh tulangan geser]

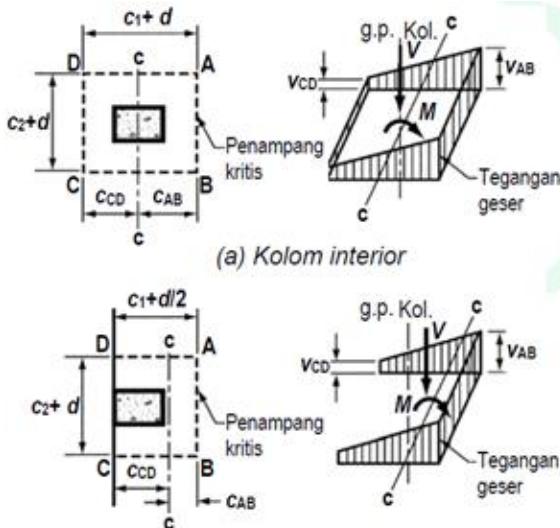
d) Kolom 1200 x 1200 Eksterior

- V_u = 387312,3 N
- Pelat = 250 mm
- Drop Panel = 200 mm
- Selimut = 20 mm
- C1, C2 = 1200, 1200
- αs kolom interior = 30 mm
- αs kolom eksterior = 40 mm
- d = $(250 + 200) - 20 - 16 - 16 / 2$
= 406 mm
- bo = $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$

- $A_o = 5224 \text{ mm}$
- $V_c = bo \times d = 2120944 \text{ mm}^2$
- $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cX}} bo \times d}{6} = 6707013,83 \text{ N}$
- $V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times d}{12} = 5710719,28 \text{ N}$
- $V_c = \frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{f_c} = 4471342,553 \text{ N}$
- $V_c \text{ pakai} = 4471342,553 \text{ N (Terkecil)}$
- $0,75V_c \text{ pakai} > V_u = 387312,3 \text{ N [Tidak butuh tulangan geser]}$

4.6.2.3.6 Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.11.7.1, dalam Desain pelat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada muka kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara pelat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus diliMPahkan sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris.



Gambar 4 29 Pelimpahan Gaya Geser

(Sumber : SNI 2847-2013 Gambar S11.11.7.2)

a) Kolom 600 x 600 Interior

- $V_u = 29632,6 \text{ kg}$
- $M_u = 19257,26 \text{ kg-m}$
- $A_o = 1633744 \text{ mm}^2$
 $= 1,6337 \text{ m}^2$
- $d = 406 \text{ mm} = 0,406 \text{ m}$
- $c_1, c_2 + d = 600 + 406 = 1006 \text{ mm}$
 $= 1,006 \text{ m}$
- $C_{ab} = \frac{1}{2} \times 1,006 = 0,503 \text{ m}$
- $J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$
 $= 0,286$
- $\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}}$
 $= 0,4 \text{ m}^4$

- $Vu_{AB} = \frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
 $= 31648,002 \text{ kg}$
- $Vu_{CD} = \frac{Vu}{Ao} - \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
 $= 4627,69 \text{ kg}$
- $Vu \text{ perlu} = 31648 \text{ kg} = 316480 \text{ N}$
- $\emptyset Vc = \emptyset \times 0,17 \times \sqrt{fc} \times bo \times d$
 $= 1580903,759 \text{ N}$
- $Vu < \emptyset Vc$ (Tidak butuh tulangan geser)

b) Kolom 800 x 800 Interior

- $Vu = 26714,73 \text{ kg}$
- $Mu = 45541,06 \text{ kg-m}$
- $Ao = 1958544 \text{ mm}^2$
 $= 1,958 \text{ m}^2$
- $d = 406 \text{ mm} = 0,406 \text{ m}$
- $c1, c2 + d = 800 + 406 = 1206 \text{ mm}$
 $= 1,206 \text{ m}$
- $Cab = \frac{1}{2} \times 1,206 = 0,603 \text{ m}$
- $Jc = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2}$
 $= 0,488$
- $\gamma v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}}$
 $= 0,4 \text{ m}^4$
- $Vu_{AB} = \frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
 $= 36139,44 \text{ kg}$
- $Vu_{CD} = \frac{Vu}{Ao} - \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
 $= -8859,24 \text{ kg}$
- $Vu \text{ perlu} = 36139,44 \text{ kg} = 361394,4 \text{ N}$
- $\emptyset Vc = \emptyset \times 0,17 \times \sqrt{fc} \times bo \times d$
 $= 1895198,741 \text{ N}$
- $Vu < \emptyset Vc$ (Tidak butuh tulangan geser)

c) Kolom 1000 x 1000 Interior

- Vu = 25445,53 kg
- Mu = 53437,3 kg-m
- Ao = 2283344 mm²
= 2,283 m²
- d = 406 mm = 0,406 m
- c1, c2 + d = 1000 + 406 = 1406 mm
= 1,406 m
- Cab = $\frac{1}{2} \times 1,406 = 0,703$ m
- Jc = $\frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2}$
= 0,767
- γv = $1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}}$
= 0,4 m⁴
- VuAB = $\frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
= 30710,283 kg
- VuCD = $\frac{Vu}{Ao} - \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc}$
= -8422,332 kg
- Vu perlu = 30710,283 kg = 307102,8 N
- ØVc = $\emptyset \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$
= 2209493,723 N
- Vu < ØVc (Tidak butuh tulangan geser)

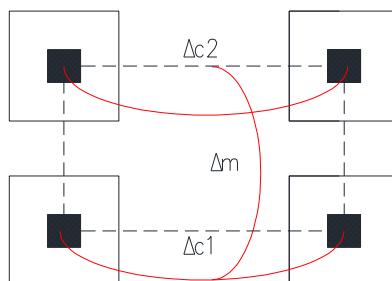
d) Kolom 1200 x 1200 Interior

- Vu = 54485,9 kg
- Mu = 87650,93 kg-m
- Ao = 2608144 mm²
= 2,608 m²
- d = 406 mm = 0,406 m
- c1, c2 + d = 1200 + 406 = 1606 mm
= 1,606 m
- Cab = $\frac{1}{2} \times 1,606 = 0,803$ m

- $J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c^2+d)(c^2+d)^2}{2}$
 $= 1,139$
- $\gamma v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3\sqrt{\frac{c^2+d}{c^2+d}}}}$
 $= 0,4 \text{ m}^4$
- $V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 45606,59 \text{ kg}$
- $V_{uCD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= -3825,24 \text{ kg}$
- $V_u \text{ perlu} = 45606,5 \text{ kg} = 456065,9 \text{ N N}$
- $\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$
 $= 2523788,705 \text{ N}$
- $V_u < \emptyset V_c$ (Tidak butuh tulangan geser)

4.6.2.3.7 Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan ini berfungsi sebagai tolak ukur kenyamanan dalam pemakaian struktur, dimana struktur yang mengalami lentur harus memiliki kekakuan yang cukup untuk mengatasi lendutan, adapun ketentuan untuk pelat dua arah ini mengacu pada SNI 2847 – 2013 pasal 9.5 dengan rumusan :



Gambar 4 30 Kontrol Lendutan

$$\Delta = \frac{\Delta c_1 + \Delta c_2}{2} + \Delta m = \frac{6,557 + 5,323}{2} + 4,957 = 10,897 \text{ mm}$$

y_t = jarak pusat gravitasi penampang dari serat-serat tarik terluar

$$y_{t1} = 8000 \text{ mm}$$

$$y_{t2} = 10200 \text{ mm}$$

$$I_g 1 = 1,04 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_g 2 = 1,328 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f_c} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{40} = 3,92 \text{ MPa}$$

$$M_{cr\ 1} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} = \frac{3,92 \times 1,04 \times 10^{10}}{8000} = 5105760,805 \text{ N-mm}$$

$$M_{cr\ 2} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} = \frac{3,92 \times 1,328 \times 10^{10}}{10200} = 5104166,67 \text{ N-mm}$$

$$M_a = 222595000 \text{ N-mm}$$

$$I_{cr\ 1} = 7291666667 \text{ mm}^4$$

$$I_{cr\ 2} = 9296875000 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} I_e 1 &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \\ &= \left(\frac{5105760,805}{222595000} \right)^3 1,04 \times 10^{10} + \left[1 - \left(\frac{5105760,805}{222595000} \right)^3 \right] 7291666667 \\ &= 7291704379 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_e 2 &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \\ &= \left(\frac{5104166,67}{222595000} \right)^3 1,328 \times 10^{10} + \left[1 - \left(\frac{5104166,67}{222595000} \right)^3 \right] 9296875000 \\ &= 9296923038 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{I_g}{I_e} \text{ rata-rata} = \frac{1}{2} \left(\frac{1,04 \times 10^{10}}{7291704379} + \frac{1,328 \times 10^{10}}{9296923038} \right) = 1,4285$$

Maka defleksi pusat disesuaikan untuk efek penampang retak

$$\Delta = 1,4285 \times 10,897 = 15,567 \text{ mm}$$

Berdasarkan pasal 11.5 tabel 9 persyaratan lendutan yang diijinkan untuk pelat lantai yang manahan beban non struktural adalah sebagai berikut :

$$\Delta = \frac{L}{480} = 19,583 \text{ mm}$$

$$15,567 < 19,583 \text{ mm [OK]}$$

Tabel 4 34 Rekapitulasi Penulangan plat ($t = 350\text{mm}$)

Arah Penulangan	Posisi Tulangan		Penulangan
Arah X	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik	D 22 – 100 mm
		Tekan	D 22 – 200 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik	D 13 – 150 mm
		Tekan	D 13 – 300 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D 13 – 100 mm
		Tekan	D 13 – 200 mm
	Lapangan Middle Strip	Tarik	D 13 – 150 mm
		Tekan	D 13 – 300 mm
Arah Y	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik	D 22 – 90 mm
		Tekan	D 22 – 150 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik	D 13 – 200 mm
		Tekan	D 13 – 400 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D 13 – 200 mm
		Tekan	D 13 – 400 mm
	Lapangan Middle Strip	Tarik	D 13 – 200 mm
		Tekan	D 13 – 400 mm

Tabel 4 35 Rekapitulasi Penulangan plat ($t = 250\text{mm}$)

Arah Penulangan	Posisi Tulangan		Penulangan
Arah X	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik	D 19 – 100 mm
		Tekan	D 19 – 150 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik	D 13 – 100 mm
		Tekan	D 13 – 200 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D 13 – 100 mm
		Tekan	D 13 – 200 mm
	Lapangan Middle Strip	Tarik	D 13 – 150 mm
		Tekan	D 13 – 300 mm
Arah Y	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik	D 19 – 75 mm
		Tekan	D 19 – 150 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik	D 13 – 120 mm
		Tekan	D 13 – 250 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D 13 – 100 mm
		Tekan	D 13 – 200 mm
	Lapangan Middle Strip	Tarik	D 13 – 150 mm
		Tekan	D 13 – 300 mm

4.6.2.4 Analisa Harga Besi Tulangan dan Beton Cor pada Pelat $t = 250 \text{ mm}$ dan $t = 350 \text{ mm}$

Dalam analisa perbandingan penulangan tebal pelat didapatkan kebutuhan tulangan untuk masing – masing ketebalan pelat yang berbeda. Setelah didapatkan kebutuhan tulangan pada masing - masing ketebalan pelat, maka selanjutnya dilakukan analisa harga dari besi tulangan dan beton cor yang diperlukan. Pada perhitungan berikut ini akan diambil sampel contoh salah satu pelat ukuran 10200 mm x 6000 mm.

4.6.2.4.1 Pelat $t = 350 \text{ mm}$ (Option 1)

$$b = 10,2 \text{ m}$$

$$l = 6 \text{ m}$$

Tabel 4 36 Kebutuhan Besi Tulangan pelat $t = 350 \text{ mm}$

Arah x			
Tul atas	=	102	bah
Tul bawah	=	51	bah
Total		153	bah
Tot panjang	=	918	m
Arah y			
Tul atas	=	66,67	bah
Tul bawah	=	40	bah
Total		106,67	bah
Tot panjang	=	1088	m
Total kebutuhan			
Tulangan	=	2006	m
Total batang	=	167,167	batang
	=	168	batang
Berat	=	5987,91	kg

Tabel 4 37 Kebutuhan Beton Cor pelat t = 350 mm

Volume pelat	=	15,3	m3
Volume drop panel	=	1,6	m3
Total V beton cor	=	16,9	m3

Tabel 4 38 Analisa Harga t = 350 mm

Material	Harga Satuan	Harga
Besi	340160,040	Rp57.146.887
Beton	1314524,85	Rp17.407.000
Total Harga		Rp74.553.887

4.6.2.4.2 Pelat t = 250 mm (Option 2)

$$b = 10,2 \text{ m}$$

$$l = 6 \text{ m}$$

Tabel 4 39 Kebutuhan Besi Tulangan pelat t = 250 mm

Arah x			
Tul atas	=	102	bah
Tul bawah	=	68	bah
Total		170	bah
Tot panjang	=	1020	m
Arah y			
Tul atas	=	80	bah
Tul bawah	=	40	bah
Total		120	bah
Tot panjang	=	1224	m
Total kebutuhan			
Tulangan	=	2244	m
Total batang	=	187,0	batang
		187	batang
Berat	=	4988,412	kg

Tabel 4 40 Kebutuhan Beton Cor pelat t = 250 mm

BETON			
Volume pelat	=	15,3	m3
Volume drop panel	=	3,2	m3
Total V beton	=	18,5	m3

Tabel 4 41 Analisa Harga t = 250 mm

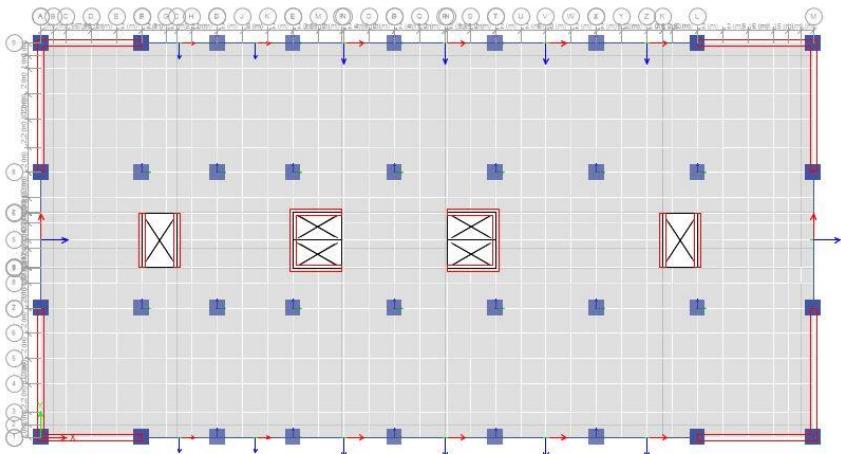
Material	Harga Satuan	Harga
Besi	253714,41	Rp47.444.595
Beton	1314524,85	Rp19.055.000
Total Harga		Rp66.499.595

$$\text{Perbandingan harga} = \frac{\text{Rp}74.553.887 - \text{Rp}66.499.595}{\text{Rp}74.553.887} \times 100 \% \\ = 10,803 \%$$

Berdasarkan perhitungan analisa harga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan alternatif Option 2 dapat menghemat biaya pembuatan pelat dengan presentase sebesar **10,803%**.

4.6.3 Desain Drop Panel

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom. Setelah dilakukan pengujian terhadap tegangan geser pons pada pelat di sekitar kolom, ternyata hasilnya melebihi syarat tegangan geser pons. Agar struktur tidak mengalami retak akibat geser pons, maka dipasang drop panel setebal 20 cm.



Gambar 4 31 Denah Struktur Drop Panel

Data Desain :

- Panjang : 4 m
- Lebar : 4 m
- Tinggi : 200 cm
- B : 1000 mm
- Mutu beton : 40 MPa
- Mutu tul : 400 MPa
- Decking : 30 mm
- Diameter tu : 22 mm
- Tebal pelat : 250 mm
- $d = dx = 200 - 20 - (0,5 \times 22) = 159 \text{ mm}$
- $dy = 200 - 30 - 22 - (0,5 \times 22) = 137 \text{ mm}$

4.6.3.1 Perhitungan Tulangan Drop Panel

Pembebatan pada Drop Panel :

Beban Mati (DL)

Plat	= 0,25 x 2400	= 8400 kg/m ²	
Tegel		= 24 kg/m ²	
Plafond		= 11 kg/m ²	
Penggantung		= 7 kg/m ²	
Spesi		= 21 kg/m ²	
MEP		= 25 kg/m²	
Beban mati total (qDL)		= 928 kg/m²	+

Beban Hidup (LL)

$$\text{Berat pelat lantai (qLL)} = 195,8 \text{ kg/m}^2$$

Gaya dalam yang diterima drop panel, output dari program bantu ETABS adalah:

- M (+) = 47040000 N-mm
- M (-) = 148300000 N-mm

4.6.3.2 Penulangan Momen positif (M+)

- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$
 $= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$
- $\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$ (SNI -2847-2013 lampiran B (8.4.2))
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0389$
- P.maks = 0,025
- P.maks = 0,75 P.b = 0,029
- P.min = 0,002

Direncanakan menggunakan tulangan D22

B = 1000 mm

$$Dx = 159 \text{ mm}$$

$$Mu = 47040000 \text{ N-mm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$Rn = \frac{Mu}{bd^2} = \frac{47040000}{1000 \times 159^2} = 2,07$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 2,07}{400}} \right) = 0,0053\end{aligned}$$

$\rho_{\text{max}} = 0,025 > \rho_{\text{perlu}} = 0,0053 > \rho_{\text{min}} = 0,002$ dipakai
 ρ_{perlu}

sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0053 \times 1000 \times 159 = 848,43 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{848,43} \\ &= 448,22 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S = 448,22 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 300 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 22 - 300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}As_{\text{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{300} \\ &= 1267,62 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 848,43 \text{ [OK]}\end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan **D22-300 (As = 1267,62 mm²)**

4.6.3.3 Penulangan Momen negatif (M-)

- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$
 $= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$
- $\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$ (SNI -2847-2013 lampiran B (8.4.2))
 $= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0389$
- P.maks = 0,025
- P.maks = 0,75 P.b = 0,029
- P.min = 0,002

Direncanakan menggunakan tulangan D22

B = 1000 mm

Dx = 70,5 mm

Mu = 148300000 N-mm

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{148300000}{1000 \times 159^2} = 6,52$$

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

$$= \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 6,52}{400}} \right) = 0,018$$

$\rho_{\text{max}} = 0,0267 > \rho_{\text{perlu}} = 0,018 > \rho_{\text{min}} = 0,002$ dipakai
 ρ_{perlu}

sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,018 \times 1000 \times 22 = 2902,52 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2902,52}$$

$$= 131,02 \text{ mm}$$

$$S = 131,02 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow Spakai = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 22 - 100 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{100}$$

$$= 3802,86 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 2902,52 \text{ [OK]}$$

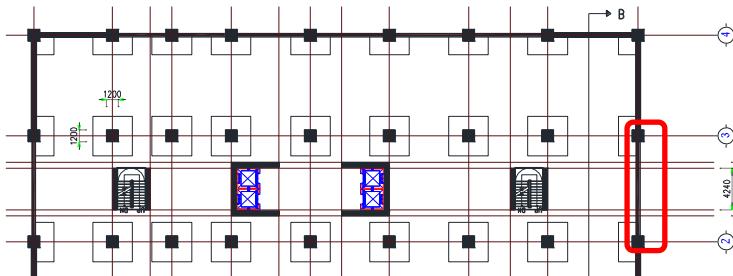
Maka dipasang tulangan **D22-100 (As = 2902,52 mm²)**

Tabel 4.42 Rekapitulasi Penulangan Drop Panel

Posisi Tulangan	Penulangan	As
Momen (+)	D 22 – 300 mm	As = 1267,62 mm ²
Momen (-)	D 22 – 100 mm	As = 2902,52 mm ²

4.6.4 Desain Balok Tepi

Balok merupakan salah satu komponen rangka yang harus direncanakan sebaik mungkin agar tidak terjadi kegagalan struktur dan dapat menjamin keamanan bagi penghuninya. Komponen balok sebagai rangka pemikul momen selain bertugas menerima beban gravitasi mati dan hidup, balok induk ini juga menerima beban akibat gaya gempa yang terjadi. Desain penulangan balok mengacu pada SNI 2847- 2013 pasal 21 mengenai ketentuan khusus untuk Desain gempa.



Gambar 4 32 Lokasi Balok Tepi

Desain penulangan balok tepi dapat dilakukan setelah mendapat hasil gaya dalam yang terjadi pada analisa struktur utama menggunakan program bantu ETABS. Dalam struktur bangunan ini terdapat 1 macam balok induk, yaitu balok ukuran 35/55.

4.6.4.1 Data Desain

Data- data Desain dibutuhkan dalam perhitungan balok tepi adalah sebagai berikut :

- Dimensi : 35/55
- Tebal Decking : 40 mm
- Diameter tul lentur : 22 mm
- Diameter tul sengkang : 13 mm
- Mutu tul lentur ($f'y$) : 400 MPa
- Mutu tul sengkang ($f'y$) : 400 MPa
- Mutu beton : 40 MPa

$$d = h - (\text{decking} + D.\text{sengkang} + \frac{1}{2}D.\text{tul lentur}) \\ = 550 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 22) \\ = 512 \text{ mm}$$

$$d' = (\text{decking} + D.\text{sengkang} + \frac{1}{2}D.\text{tul lentur}) \\ = (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 22) = 64 \text{ mm}$$

- Menentukan harga β_1

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

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(40-28)}{7} = 0,764$$

- Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan sebagai berikut :

P balance

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (\text{SNI-2847-2013 lampiran B (8.4.2)})$$

$$= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0389$$

- Mencari ρ maksimum

$$\rho \text{ maks} = 0,025 \quad (\text{SNI-2847-2013 pasal (21.5.2.1)})$$

$$\rho \text{ maks} = 0,75 \rho_b \quad (\text{SNI-2847-2013 lampiran B (10.3.3)})$$

$$= 0,75 \times 0,0389 = 0,029$$

Dipakai ρ maks yang terkecil = 0,025

- Mencari ρ minimum

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} \quad (\text{SNI-2847-2013 pasal (10.5.1)})$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{SNI-2847-2013 pasal (10.5.1)})$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Diambil ρ minimum yang terbesar = 0,0039

- Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

4.6.4.2 Penulangan Torsi Balok Tepi

Desain penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$$\phi T_n \geq T_u \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal (11.5.3.5)})$$

Desain tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut :

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal (11.5.1)})$$

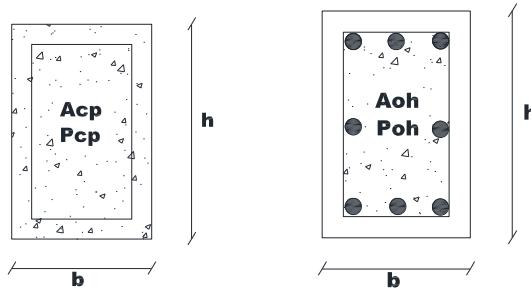
Dimana :

A_{cp} = Luas penampang total

P_{cp} = keliling penampang total

$\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi) SNI 2847:2013 pasal 9



Gambar 4 33 Penampang Balok

- A_{cp} = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton
 $= b \times h = 350 \times 550 = 192500 \text{ mm}^2$
- P_{cp} = keliling luar penampang beton

$$= 2 \times (b + h) = 2 \times (350 + 550) = 1800 \text{ mm}^2$$

- $bh = (bbalok - 2.t.decking - \phi_{geser})$
 $= (350 - 2.40 - 13) = 257 \text{ mm}$
- $hh = (hbalok - 2.t.decking - \phi_{geser})$
 $= (550 - 2.40 - 13) = 457 \text{ mm}$
- $Aoh = \text{luasan penampang yang dibatasi tulangan sengkang}$
 $= 257 \times 457 = 117449 \text{ mm}^2$
- $Poh = \text{keliling penampang yang dibatasi tulangan sengkang}$
 $= 2 \times (257 + 457) = 1428 \text{ mm}$
- Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi nilai Ao dapat diambil sama dengan $0,85 Aoh$ dan nilai $\Theta = 45^\circ$

$$Ao = 0,85.Aoh = 0,85.117449 \text{ mm}^2 = 99831,65 \text{ mm}^2.$$

Tulangan torsion pada gedung Apartemen One East menggunakan hasil permodelan *Etabs* dan didapatkan nilai T dan Vu sebagai berikut :

$$Tu = 15,67 \text{ kN.m}$$

$$Vu = 248,189 \text{ kN.m}$$

$$Tu \leq 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot \left(\frac{192500^2}{1800} \right)$$

$15670000 \text{ Nmm} > 8105098,815 \text{ N-mm}$ (Butuh Tulangan Torsi)

- Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

$$Tn = \frac{15670000 - 8105098,815}{0,75} = 10086534,91 \text{ N-mm}$$

$$\frac{Tu}{\emptyset} = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot fyt}{S} \cdot \cot\theta$$

$$\frac{At}{S} = \frac{Tu}{\phi \cdot 2 \cdot Ao \cdot fyt \cdot \cot \theta} = \frac{10086535}{0,75 \cdot 2,99831,65 \cdot \cot^2(45)}$$

$$\frac{At}{S} = 0,168 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Poh \cdot \left(\frac{fy}{f_y}\right) \cdot (\cot 45)^2 = 373,5749 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.5.5.3, bila dibutuhkan tulangan torsi seperti disyaratkan melalui pasal 11.5.5.1, maka luas tulangan total minimum tulangan torsi longitudinal, Al_{min} harus dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} Al_{min} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{f_c} \cdot Acp}{f_y} \cdot \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Poh \cdot \left(\frac{f_y}{f_y}\right) \\ &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{40} \cdot 192500}{400} - (0,168) \cdot 1428 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \\ &= 1037,886 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A.longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kiri, 25% kekanan, 25% ke atas dan 25% kebawah bagian balok.

$$Al.torsi \text{ untuk kiri kanan} = 0,5 \times 1037,886 = 518,943 \text{ mm}^2.$$

Dikarenakan tulangan minimum 2, maka digunakan tulangan 2 D22 ($As = 760,5714 \text{ mm}^2$), dipasang masing-masing 1 batang di sisi samping kiri dan kanan balok disepanjang bentang.

4.6.4.3 Penulangan Lentur Balok Tepi

Dari hasil permodelan *Etabs* didapatkan momen envelope dari beberapa kombinasi pada balok yang ditinjau seperti yang ditunjukan pada tabel 4.36.

Tabel 4 43 Momen Lentur Balok Tepi

Daerah	Mu	Satuan
Tumpuan Kiri	-517,285	KN-m
	160,469	KN-m
Lapangan	209,1098	KN-m
	201,339	KN-m
Tumpuan Kanan	-517,905	KN-m
	161,088	KN-m

Karena struktur pada gedung Apartemen One East menggunakan sistem ganda yang merupakan kombinasi dari SPRMK dan dinding struktural khusus (DSK), maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.5.1 mengenai syarat yang harus dipenuhi untuk komponen struktur pada sistem rangka yang memikul gaya akibat gempa yang direncanakan memikul lentur adalah:

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi $0,1 \cdot Ag \cdot f_c$
 $7350 \text{ N} < 0,1 \times 350 \times 500 \times 40 = 700000 \text{ N}$ [OK]
- Bentang bersih minimum $\geq 4d$
 $10,7 \text{ meter} \geq 4 \cdot 0,512 = 2,048 \text{ meter}$ [OK]
- Perbandingan Lebar/Tinggi balok $> 0,3$ dan $b > 0,25$
 $\frac{\text{Lebar}}{\text{Tinggi}} = \frac{35}{55} = 0,636 > 0,3$ [OK]
- Lebar balok tidak boleh melebihi 1,75 lebar kolom
 $350 \text{ mm} < (1,75 \times 800) = 1400 \text{ mm}$ [OK]

4.6.4.3.1 Penulangan Tumpuan Negatif

- $M_u = 517905000 \text{ N-mm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{517905000}{0,9} = 575450000 \text{ N-mm}$
- Ambil harga $X \leq 0,75 X_b$

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \times d = \frac{600}{600+400} \times 512 = 307,2 \text{ mm}$$
 $X \leq 0,75 \times 307,2 = 230,4 \text{ mm,}$

Maka dipakai nilai $X = 230,4 \text{ mm.}$
- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot X}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40 \times 230,4}{400} = 5238,72 \text{ mm}^2$
- $$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2} \right) \\ &= 5238,75 \times 400 \times \left(512 - \frac{0,764 \times 230,4}{2} \right) \\ &= 888391118,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 575450000 - 888391118,3 \\ &= -312941118,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$M_n - M_{nc} < 0$ (Tulangan Tunggal)
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{575450000}{350 \cdot 512^2} = 6,27$
- $$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,74} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 6,27}{400}} \right) = 0,017 \end{aligned}$$
- $\rho_{max} > \rho_{perlu} > \rho_{min}$
 $0,025 > 0,017 > 0,0039$, dipakai $\rho_{perlu} = 0,017$
- Tulangan Tumpuan Atas :
 $As = \rho \times b \times d = 0,017 \times 350 \times 512 = 3131,76 \text{ mm}^2$
 $As_{perlu} = 3131,76 + 259,471 = 3391,24 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{3391,24}{380,285} = 8,91 = 9 \text{ buah}$$

Jadi dipasang **9 D22** ($As_{pasang} = 3422,57 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Tumpuan bawah :

$$\text{As min} = \frac{1}{2} \times \text{As perlu} = \frac{1}{2} \times 3391,24 = 1955,09 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{1955,09}{380,285} = 4,78 = 5 \text{ buah}$$

Jadi dipasang **5 D22** (As.pasang = 1901,428 mm²)

- Kontrol Jarak Tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

$$S = \frac{\text{bw}-2.\text{decking}-2.\text{Øsengkang}-n.\text{Øtul utama}}{n-1}$$

$$= \frac{350-2x40-2x13-9x22}{8} = 6,357 \text{ m} < 25 \text{ mm} [\text{NOT OK}]$$

Maka tulangan harus dipasang susun 2 lapis.

- Menghitung d aktual

Tabel 4 44 Perhitungan d aktual

Baris ke	Jumlah (n)	F	Spasi	Luas	Spasi baris	Jarak	Luas x jarak
1	5	22	33,5	1901,4286	-	64	121691,429
2	4	22	52	1521,1429	25	111	168846,857
Jumlah	9			3422,5714		175	290538,286

Letak titik berat tulangan (dari bawah)

$$Y = \frac{290538,286}{3422,5714} = 84,88 \text{ mm}$$

$$d \text{ aktual} = h - Y = 550 - 84,88 = 465,11 \text{ mm}$$

- Kontrol Kekuatan

$$\begin{aligned}
 f_{s'} &= \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 = \left(1 - \frac{64}{230,4}\right) \times 600 = 433,33 \text{ MPa} \\
 a &= \frac{\text{As}.f_y - \text{As}'.f_{s'}}{0,85.f_c.b} = \frac{3422,57.400 - 1521,14.433,33}{0,85.40.350} \\
 &= 59,652 \text{ mm} \\
 M_{nact} &= (\text{As}.f_y - \text{As}'.f_{s'}) \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + \text{As}'.f_{s'} \cdot (d - d') \\
 &= (3422,57.400 - 1521,14.433,33) \left(512 - \frac{59,652}{2}\right) + 1521,14.433,33 \cdot (512 - 64) \\
 &= 637583548,8 \text{ Nmm} > M_n = 575450000 \text{ Nmm} [\text{OK}]
 \end{aligned}$$

4.6.4.3.2 Penulangan Tumpuan Positif

- $M_u = 161088000 \text{ N-mm}$
- $M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{161088000}{0,9} = 178986666,7 \text{ N-mm}$
- Ambil harga $X \leq 0,75 X_b$

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \times d = \frac{600}{600+400} \times 512 = 307,2 \text{ mm}$$

 $X \leq 0,75 \times 307,2 = 230,4 \text{ mm},$
 Maka dipakai nilai $X = 230,4 \text{ mm}.$
- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot X}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40 \times 230,4}{400} = 5238,72 \text{ mm}^2$
- $M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2}\right)$
 $= 5238,75 \times 400 \times \left(512 - \frac{0,764 \times 230,4}{2}\right)$
 $= 888391118,3 \text{ Nmm}$
- $M_n - M_{nc} = 178986666,7 - 888391118,3$
 $= -709404451,6 \text{ Nmm}$
 $M_n - M_{nc} < 0 \text{ (Tulangan Tunggal)}$
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{178986666,7}{350 \cdot 512^2} = 1,95$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$
 $= \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 1,95}{400}} \right) = 0,005$
- $\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$
 $0,025 > 0,005 > 0,0039$, dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,005$
- Tulangan Tumpuan Bawah :
 $As = \rho \times b \times d = 0,005 \times 350 \times 512 = 1160,053 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan (n)
 $n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{1160,053}{380,285} = 2,97 = 3 \text{ buah}$
Jadi dipasang **3 D22** ($As_{\text{pasang}} = 1140,85 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Tumpuan bawah :
 $As_{\text{min}} = \frac{1}{2} \times As_{\text{perlu}} = \frac{1}{2} \times 1160,053 = 580,026 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan (n)
 $n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{580,026}{380,285} = 1,525 = 2 \text{ buah}$
Jadi dipasang **2 D22** ($As_{\text{pasang}} = 760,571 \text{ mm}^2$)
- Kontrol Jarak Tulangan
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{\frac{bw - 2 \cdot decking - 2 \cdot \emptyset_{sengkang} - n \cdot \emptyset_{tul utama}}{n-1}}{2} = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 3 \times 22}{2} = 89 \text{ mm} > 25 \text{ mm [OK]}$$
- Kontrol Kekuatan
 $f_s' = \left(1 - \frac{d'}{X} \right) \times 600 = \left(1 - \frac{64}{230,4} \right) \times 600 = 433,33 \text{ MPa}$

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b} = \frac{1160,053.400}{0,85.40.350} = 38,348 \text{ mm}$$

$$M_{nact} = (As.fy) \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= (1140,85.400) \cdot \left(512 - \frac{38,348}{2} \right) = 220036510 \text{ Nmm}$$

$$= 220036510 \text{ Nmm} > M_n = 178986666,7 \text{ Nmm}$$

[OK]

- Rekapitulasi tulangan lentur tumpuan bentang 10,2 meter
Akibat momen negatif

Tulangan atas : **9 D22** (As.pasang = 3422,57 mm²)

Tulangan bawah : **5 D22** (As.pasang = 1901,428 mm²)

Akibat momen positif

Tulangan atas : **2 D22** (As.pasang = 760,57 mm²)

Tulangan bawah : **3 D22** (As.pasang = 1140,86 mm²)

Jadi tulangan yang digunakan yaitu yang memiliki nilai terbesar dari dua arah pembebanan gempa, yaitu :

Tulangan atas : **9 D22** (As.pasang = 3422,57 mm²)

Tulangan bawah : **5 D22** (As.pasang = 1901,428 mm²)

- Kontrol Kekuatan dalam Menahan Momen Negatif

Momen ultimate, Mu = 517905000 Nmm

$$M_n = \frac{\mu_u}{\phi} = \frac{517905000}{0,9} = 575450000 \text{ N-mm}$$

Decking = 40 mm

Jarak ke as tulangan, Tarik (d1) = 84,88 mm

Jarak ke as tulangan, Tekan (d2) = 64 mm

Tinggi efektif , d.aktual = 465,111 mm

Tul.tarik 9 D22, As1= 3422,571 mm²

Tul.tekan 5 D22, As₂= 1901,428 mm²

$$(0,85.f'c.b.\beta_1)X^2 + (As_2.600-As_1.fy)X - As_2.d.600 = 0$$

$$(0,85.f'c.b.\beta_1), a = 0,85.40.350.0,764 = 9095$$

$$(As_2.600-As_1.fy), b = 1901,428.600 - 3422,57.400$$

$$= -228171,428$$

$$(As_2.d2.600) c = -73014857,144$$

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = 103,016 \text{ mm}$$

Mencari nilai f_c' tulangan terpasang

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{X}\right) x 600 = \left(1 - \frac{64}{103,016}\right) x 600$$

$$= 227,24 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa} \text{ (Tidak leleh)}$$

$$M_{nact} = (As.fy - As'.f_s') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 636398583,6 \text{ MPa} > Mn = 575450000 \text{ [OK]}$$

Cek Kondisi Penampang

$$C = 103,016$$

$$0,375 \times d.aktual = 174,417$$

$$C < 0,375 \times d.aktual$$

(Penampang tension controlled, asumsi benar)

- Kontrol Kekuatan dalam Menahan Momen Positif

Momen ultimate, $M_u = 161088000 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{161088000}{0,9} = 178986666,7 \text{ N-mm}$$

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

$$\text{Jarak ke as tulangan, Tarik (d1)} = 64 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak ke as tulangan, Tekan (d2)} = 84,889 \text{ mm}$$

Tinggi efektif , d.aktual = 465,111 mm

Tul.tarik 9 D22, As1= 1901,428 mm²

Tul.tekan 5 D22, As2= 3422,571 mm²

$$(0,85.f'c.b.\beta_1)X^2 + (As_2.600-As_1.f_y)X - As_2.d.600 = 0$$

$$(0,85.f'c.b.\beta_1), a = 0,85.40.350.0,764 = 9095$$

$$(As_2.600-As_1.f_y), b = 1292971,429$$

$$(As_2.d.600) c = -174322971,4$$

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = 84,54 \text{ mm}$$

Mencari nilai f'c' tulangan terpasang

$$f'_c = \left(1 - \frac{d'}{X}\right) x 600 = \left(1 - \frac{64}{84,544}\right) x 600$$

$$= -2,476 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa} \text{ (Tidak leleh)}$$

$$M_{nact} = (As.f_y - As'.f'_c) \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.f'_c \cdot (d - d')$$

$$= 365212594 \text{ MPa} > M_n = 178986666,7 \text{ [OK]}$$

Cek Kondisi Penampang

$$C = 84,54$$

$$0,375 \times d.aktual = 174,416$$

$$C < 0,375 \times d.aktual$$

(Penampang tension controlled, asumsi benar)

Kontrol Batas Penulangan

Jumlah As tulangan pakai tidak boleh kurang dari $\frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{f_y}$

dan $\frac{0,25 \cdot \sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot bw \cdot d$, serta rasio tulangan tidak boleh melebihi

0,25 (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)

- $\frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 512}{400} = 627,2 \text{ mm}^2 \text{ [OK]}$

- $\frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,25 \cdot \sqrt{30}}{400} \cdot 350 \cdot 512 = 708,350 \text{ mm}^2 [\text{OK}]$
- $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{3422,571}{350 \cdot 512} = 0,019 < 0,025 [\text{OK}]$

– Kontrol Jarak Tulangan

Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok, jarak tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan Tarik tidak boleh melebihi : $380 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5$. Cc dan $300 \cdot \frac{280}{f_s}$, nilai f_s boleh diambil sebesar $\frac{2}{3} f_y$ (SNI 2847:2013 pasal 10.6.4).

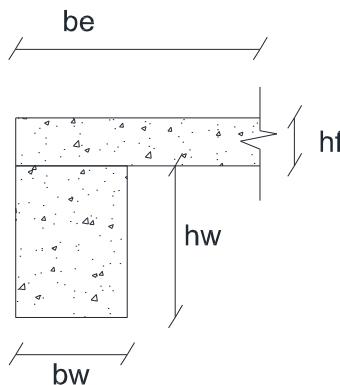
$$Cc = \text{tebal selimut} + \phi \cdot \text{sengkang} = 40 + 13 = 53 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 = 266,6 \text{ MPa}$$

$$S_s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \text{ Cc} = 266,5 \text{ mm} > 64 \text{ mm} [\text{OK}]$$

$$S_s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) = 315 \text{ mm} > 64 \text{ mm} [\text{OK}]$$

– Kontrol Balok L



Gambar 4 34 Penampang balok L

Berdasarkan SNI 2847:2013 untuk kontruksi balok L (**Gambar 4.29**), sesuai dengan persyaratan sebagai berikut:

$$be = \frac{1}{4} \times Lb = \frac{1}{4} \times 10700 = 2675 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} be &= bw + (8xt) = 350 + (8 \times (250 + 150)) \\ &= 3950 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$be = \frac{1}{2} \times (Lb - bw) = \frac{1}{2} \times (10700 - 350) = 5175 \text{ mm}$$

$$As = 3422,57 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'_{cx} be} = \frac{3422,57 \times 400}{0,85 \times f'_{cx} 2675} = 15,05 \text{ mm}$$

$$x = \frac{a}{\beta} = 19,69$$

$$x \leq t, 19,69 \leq 450$$

$$a' = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'_{cx} be} = \frac{3422,57 \times 400}{0,85 \times f'_{cx} 350} = 115,044 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn_{act} &= As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 3422,57 \cdot 400 \cdot \left(512 - \frac{115,04}{2} \right) \end{aligned}$$

$$Mn_{act} = 622193081,1 \text{ Nmm} > Mn = 575450000 \text{ Nmm}$$

Cek kondisi penampang

$$c = \frac{a}{\beta} = 150,525$$

$$0,375 \times d_{aktual} = 192$$

$$c < 0,375 \times d_{aktual} [\text{OK}]$$

4.6.4.3.3 Penulangan Lapangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2 menyatakan bahwa baik nilai momen positif maupun negatif sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperempat nilai momen maksimum pada tumpuan.

$$\text{Mu} = 209109800 > 0,25 \times 517285000 = 129321250 \text{ [OK]}$$

Karena Mu yang terjadi kurang dari seperempat momen maksimum di tumpuan, maka momen harus diperbesar sampai memenuhi persyaratan yang ditentukan.

- $\text{Mu} = 209109800 \text{ N-mm}$
- $\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{209109800}{0,9} = 232344222,2 \text{ N-mm}$
- Ambil harga $X \leq 0,75 X_b$

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \times d = \frac{600}{600+400} \times 512 = 307,2 \text{ mm}$$

 $X \leq 0,75 \times 307,2 = 230,4 \text{ mm},$
Maka dipakai nilai $X = 230,4 \text{ mm.}$
- $\text{Asc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot X}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40 \times 230,4}{400} = 5238,72 \text{ mm}^2$
- $$\begin{aligned} \text{Mnc} &= \text{Asc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2} \right) \\ &= 5238,75 \times 400 \times \left(512 - \frac{0,764 \times 230,4}{2} \right) \\ &= 888391118,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Mn} - \text{Mnc} &= 232344222,2 - 888391118,3 \\ &= -656046896 \text{ Nmm} \end{aligned}$$
- $\text{Mn} - \text{Mnc} < 0$ (Tulangan Tunggal)
- $$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d^2} = \frac{232344222,2}{350 \cdot 512^2} = 2,53$$
- $$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,74} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,74 \times 6,27}{400}} \right) = 0,0065$$

- $\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$
 $0,025 > 0,0065 > 0,0039$, dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0065$
- Tulangan Lpangan Bawah :
 $As = \rho \times b \times d = 0,0065 \times 350 \times 512 = 1180,216 \text{ mm}^2$
 $As_{\text{perlu}} = 1180,216 + 259,47 = 1439,688 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan (n)
 $n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{1439,688}{380,285} = 3,785 = 4 \text{ buah}$
Jadi dipasang **4 D22** (As.pasang = 1521,142 mm²)
- Tulangan Lapangan Atas :
 $As_{\text{min}} = \frac{1}{2} \times As_{\text{perlu}} = \frac{1}{2} \times 1439,688 = 719,844 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan (n)
 $n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{719,844}{380,285} = 1,89 = 2 \text{ buah}$
Jadi dipasang **2 D22** (As.pasang = 760,571 mm²)
- Kontrol Jarak Tulangan
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{bw-2.\text{decking}-2.\phi_{\text{sengkang}}-n.\phi_{\text{tul utama}}}{n-1}$$

$$= \frac{350-2x40-2x13-4x22}{3} = 83,5\text{mm} < 25\text{mm [OK]}$$

Maka tulangan harus dipasang susun 1 lapis.

- Kontrol Rasio Tulangan
 - Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1, control rasio tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

As yang digunakan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,25 \cdot \sqrt{30}}{400} \cdot 350 \cdot 512 = 708,350 \text{ mm}^2$$

Dan tidak lebih kecil dari:

$$\frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 512}{400} = 627,2 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan terkecil : $760,57 \text{ mm}^2 > 627,2 \text{ mm}^2$ [OK]

Tabel 4 45 Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Tepi

Letak	Tumpuan		Lapangan	
Atas	9 D22	$As = 3422,57 \text{ mm}^2$	2 D22	$As = 760,571 \text{ mm}^2$
Bawah	5 D22	$As = 1901,43 \text{ mm}^2$	4 D22	$As = 1521,14 \text{ mm}^2$

4.6.4.4 Penulangan Geser Balok Tepi

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2:

- $S < \frac{1}{4}d = \frac{1}{4} \times 512 = 128 \text{ mm}$
- $S < 6\phi = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- $S < 150 \text{ mm}$
- Sengkang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Pada daerah lapangan syarat maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4:

$$- S < \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1}{2} \cdot 512 = 256 \text{ mm}$$

Penulangan Tumpuan

Perhitungan tulangan geser yang dipengaruhi beban gempa dihitung dari kapasitas balok memikul momen probable. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4 bahwa gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum M_{pr} , dan komponen struktur tersebut dibebani penuh beban gravitasi terfaktor.

- Momen Ujung M_{pr}

M_{pr} merupakan kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka join dengan menganggap kuat Tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum 1,25 f_y .

- Akibat Gempa ke Kiri

Mpr Negatif (Mpr -)

$$M_{nact} = (A_s \cdot 1,25 f_y - A_s' \cdot 1,25 f_s') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \cdot 1,25 f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 1026125152 \text{ Nmm}$$

Mpr Positif (Mpr +)

$$M_{nact} = (A_s \cdot 1,25 f_y - A_s' \cdot 1,25 f_s') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \cdot 1,25 f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 458771413,9 \text{ Nmm}$$

- Akibat Gempa ke Kiri

Mpr Positif (Mpr +)

$$M_{nact} = (A_s \cdot 1,25 f_y - A_s' \cdot 1,25 f_s') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \cdot 1,25 f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 458771413,9 \text{ Nmm}$$

Mpr Negatif (Mpr -)

$$M_{nact} = (A_s \cdot 1,25 f_y - A_s' \cdot 1,25 f_s') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \cdot 1,25 f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 1026125152 \text{ Nmm}$$

- Gaya geser total pada muka tumpuan ($>2h$)
 - Gaya geser akibat beban gravitasi :

$$VG = 99870 \text{ N} (1,2D + 1L)$$
 - Akibat Gempa ke Kiri

$$Vekn = \frac{Mpr1+Mpr4}{Ln} - VG$$

$$= \frac{1026125152+458771413,9}{10700} - 99870 = 38905,379 \text{ N}$$
 - Akibat Gempa ke Kanan

$$Vekn = \frac{Mpr1+Mpr4}{Ln} + VG$$

$$= \frac{1026125152+458771413,9}{10700} + 99870 = 238645,38 \text{ N}$$
 - Perhitungan penulangan geser

$$Vekn = \frac{Mpr1+Mpr4}{Ln} - VG$$

$$= \frac{1026125152+458771413,9}{10700} - 99870 = 38905,379 \text{ N}$$

$$Vekn = \frac{Mpr1+Mpr4}{Ln} + VG$$

$$= \frac{1026125152+458771413,9}{10700} + 99870 = 238645,38 \text{ N}$$

Gaya geser total yang menentukan, $Ve = 238645,38 \text{ N}$

- Perhitungan penulangan geser
 Kuat geser beton ($Vc=0$) seperti yang dijelaskan pada SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 apabila :

$$\text{Gaya aksial tekan} < Ag \cdot \frac{f_c}{20} = 385000 \text{ N}$$

Karena gaya aksial kecil sekali, maka persyaratan memenuhi, sehingga $Vc = 0$

- $\Phi = 0,75$
- $Vs = \frac{Ve}{\emptyset} - Vc = \frac{238645,38}{0,75} - 0 = 318193,8 \text{ N}$
- $\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{f_y \times d_{\text{aktual}}} = \frac{318193,8}{400 \times 465,111} = 1,71 \text{ mm}^2/\text{mm}$

- Kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi :

$$\frac{Av}{s} + \frac{At}{s} = 1,97 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Dipakai sengkang 4 D13, $Av = 132,665 \text{ mm}^2$
 $s = \frac{4 \times 132,665}{1,97} = 269,35 \text{ mm}$

Dipasang 4 D13-200 mm sepanjang $2.h = 2.550 = 1100 \text{ mm}$ dari muka kolom , dimana tulangan geser pertama diletakkan 5 cm dari muka kolom.

Penulangan Lapangan

- Tulangan geser di luar sendi plastis ($> 2h = 1100 \text{ mm}$)
- $V_u = 248,189 \text{ kN}$
- Untuk daerah diluar sendi plastis, kuat beton diperhitungkan :

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{40.350.512} = 192,6713 \text{ KN}$$

Syarat

1. Tidak butuh tulangan geser
 $V_u < 0,5 \varnothing V_c$
2. Butuh tulangan geser minimum
 $0,5 \varnothing V_c < V_u < \varnothing V_c$
3. Butuh tulangan geser
 $\varnothing V_c < V_u < (\varnothing V_c + 0,66 \sqrt{f'_c b w d})$

Dari data diatas didapat:

$$V_u = 248,189 \text{ kN} > 0,5 \varnothing V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 192,67 = 72,25 \text{ kN}$$

$$V_u = 248,189 \text{ kN} > \varnothing V_c = 0,75 \times 192,67 = 144,50 \text{ kN}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser, sehingga:

$$V_s = \frac{Vu2h}{\phi} - V_c = \frac{248189}{0,75} - 192671,3 = 138247,4 \text{ N}$$

Direncanakan sengkang 2 kaki fy 400 MPa

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d_{\text{aktual}}} = 0,15 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi :

$$\frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} = 0,42 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dipasang sengkang 2 D13

$$A_v = 132,665 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{2 \times 132,665}{0,42} = 315,098 \text{ mm}$$

Dipasang 2 D13-300 mm pada daerah luar sendi plastis ($>2h$)

Tabel 4 46 Rekapitulasi Penulangan Geser Balok Tepi

Letak	Daerah Sendi Plastis	Daerah Luar Sendi Plastis
Tulangan	4 D13-200 mm	2 D13-300 mm
Panjang	1100 mm	8500 mm

4.6.4.5 Panjang Penyaluran Tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran ldh untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah sbb :

$$Ldh > 8.db = 8.22 = 176 \text{ mm}$$

$$Ldh > 150 \text{ mm}$$

$$Ldh = \frac{0,24 \cdot f_y \cdot db}{\sqrt{f_c}} = 333,94 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldh = 350$ mm masuk ke dalam kolom, dengan panjang kait $12.db = 12.22 = 264$ mm

4.6.5 Desain Kolom

4.6.5.1 Spesifikasi Kolom

Kolom merupakan struktur vertikal yang memikul beban gravitasi dan gempa serta meneruskannya beban struktur di atasnya ke elemen struktur di bawahnya. Dalam Desain struktur kolom pada tugas akhir ini, kolom dididesain sebagai berikut :

Ketinggian Lantai

- Basement : 4 m
- Groundfloor : 4,5 m
- Lantai 1-18 : 3,4 m

Dimensi Kolom

- Groundfloor – Lt 3 : 1200 m x 1200 m
- Lantai 4 – 8 : 1000 m x 1000 m
- Lantai 9 – 13 : 800 m x 800 m
- Lantai 14 – Atap : 600 m x 600 m
-

4.6.5.2 Desain Kolom 1000 x 1000

Data Desain

- Dimensi Kolom : 1000 mm x 1000 mm
- Tinggi Kolom : 3400 mm
- Decking : 40 mm
- \varnothing Tul. Utama : 29 mm
- \varnothing Tul. Sengkang : 16 mm
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Mutu beton (f'_c) : 40 Mpa

4.6.5.3 Kontrol Dimensi Kolom

Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila:

- Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial.

- Menerima beban aksial berfaktor (Pu) lebih besar dari

$$\frac{\text{Ag. f}_c \cdot 1000 \times 1000 \times 40}{10} = \frac{1000}{10} = 4000 \text{ KN}$$

$$\text{Pu} = 16713,17 \text{ KN} > 4000 \text{ KN} \quad [\text{OK}]$$

- Ukuran penampang terpendek tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)

$$\text{Sisi terpendek kolom} = 1000 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- Ratio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2947:2013 pasal 21.6.1.2).

$$\frac{b}{h} = \frac{1000}{1000} = 1 > 0,4 \quad [\text{OK}]$$

Tabel 4 47 Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom

Kolom			Pu (KN)	Ag.f'c/10	b min	b/h	Ket
Letak	Dimensi						
Groundfloor – Lt 3	1200	1200	24461,35	5760,00	300	1	OK
Lantai 4 – 8	1000	1000	16713,17	4000,00	300	1	OK
Lantai 9 – 13	800	800	10207,30	2560,00	300	1	OK
Lantai 14 – Atap	600	600	5947,24	1440,00	300	1	OK

Berdasarkan **Tabel 4-38** dapat disimpulkan bahwa semakin besar penampang balok maka semakin besar gaya aksial (Pu) yang terjadi, sedangkan untuk ukuran penampang terpendek

yaitu 800 mm, sehingga kontrol untuk penampang yang digunakan telah memenuhi.

4.6.5.4 Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1 luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari 0,01Ag atau lebih dari 0,06Ag. Dengan menggunakan program bantu spColumn gaya-gaya yang bekerja pada kolom diinput masuk dalam program, sehingga didapatkan rasio tulangan 1,55% atau 24 D29.

Tabel 4 48 Rekapitulasi Penulangan Lentur

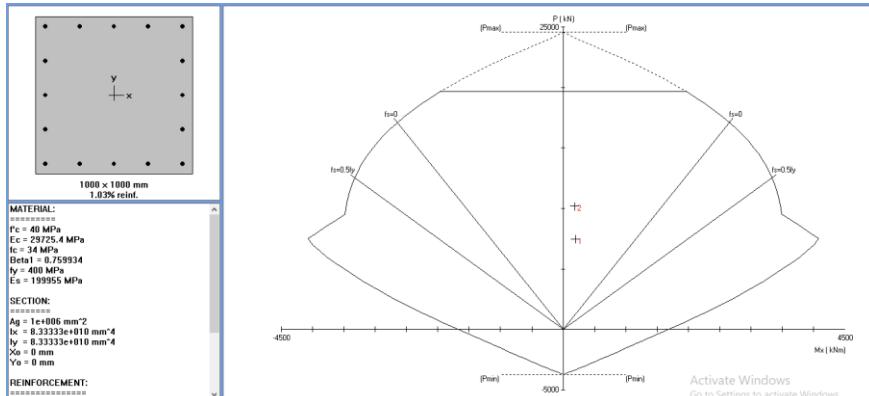
Kolom		0,01 Ag (mm ²)	0,06 Ag (mm ²)	Tul pakai	Ag tul (mm ²)	Ket	
Letak	Dimensi						
Groundfloor – Lt 3	1200	1200	14400	86400	28 D32	22528,0	OK
Lantai 4 – 8	1000	1000	10000	60000	24 D29	15858,9	OK
Lantai 9 – 13	800	800	6400	38400	20 D 25	9821,4	OK
Lantai 14 – Atap	600	600	3600	21600	16 D22	6084,6	OK

- Kontrol spasi tulangan

Spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847:2013 pasal (7.6.1).

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{bw - 2 \cdot decking - 2 \cdot \emptyset sengkang - n \cdot \emptyset tul \text{ utama}}{n-1} \\
 &= \frac{1000 - 2 \times 40 - 2 \times 16 - 7 \times 29}{7-1} = 114,167 \text{ m} > 25 \text{ mm [OK]}
 \end{aligned}$$

Spasi tulangan minimum harus > 25 mm, agar agregat dapat masuk ke celah-celah saat pengecoran berlangsung, spasi tulangan dihitung setelah mendesain pada spColumn, hasil dari spColumn seperti pada **Gambar 4.34**



Gambar 4.35 Diagram Interaksi P-M spColumn Lantai Atas dan Bawah

Tabel 4.49 Rekapitulasi Perhitungan Spasi Tulangan Kolom

Kolom			n (buah)	S (mm)	Syarat (mm)	Ket
Letak	Dimensi					
Groundfloor – Lt 3	1200	1200	7	118,86	25	OK
Lantai 4 – 8	1000	1000	6	114,17	25	OK
Lantai 9 – 13	800	800	5	107,60	25	OK
Lantai 14 – Atap	600	600	4	94,50	25	OK

4.6.5.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 menyatakan kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_{n\max} = 0,8\phi \left[0,85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right]$$

di mana:

$$\phi = 0,65$$

$$A_g = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = (1000-2.40) \times (1000-2.40) = 846400 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_{n\max} = 0,8\phi (0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st})$$

$$\phi P_{n\max} = 0,8\phi (0,85 \cdot 40 \cdot (1000000 - 846400) + 400 \cdot 846400)$$

$$\phi P_{n\max} = 178766,8 \text{ KN} > P_u = 16713,170 \text{ KN} \quad [\text{OK}]$$

4.6.5.6 Tulangan Transversal untuk Pengekangan

- Menentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop). Tulangan hoop dibutuhkan sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom dengan l_0 merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1):.

- Tinggi komponen struktur di joint, $h = 550 \text{ m}$
- Seperenam bentang bersih komponen struktur

$$\frac{l_n}{6} = \frac{3400}{6} = 566,67 \text{ mm}$$
- $\geq 450 \text{ mm}$

Sehingga dipasang tulangan pengekang pada tumpuan sepanjang **600 mm**.

- b. Menentukan spasi maksimum hoop, s_{max} pada daerah sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{max} merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3) :

- $\frac{1}{4} \times$ dimensi komponen struktur minimum

$$\frac{1}{4} \times 1000 = 250 \text{ mm}$$

- $6 \times$ diameter tulangan longitudinal terkecil
 $6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- So, dengan s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

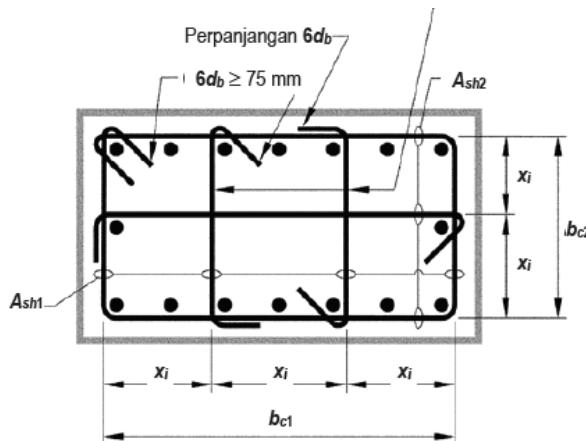
Maka digunakan nilai spasi yakni 100 mm.

Tabel 4 50 Rekapitulasi Spasi Maksimum Hoop

Kolom		b/4 (mm)	6.db (mm)	S_o (mm)	S.pakai (mm)
Letak	Dimensi				
Groundfloor – Lt 3	1200	1200	300	192	100< s_o <150
Lantai 4 – 8	1000	1000	250	174	100< s_o <150
Lantai 9 – 13	800	800	200	150	100< s_o <150
Lantai 14 – Atap	600	600	150	132	100< s_o <150

- c. Penentuan luas tulangan confinement

Untuk daerah sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4) :



Gambar 4 36 Tulangan Transversal pada Kolom

- $A_{sh1} = 0,3 \times \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_yt} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$
- $A_{sh2} = 0,09 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_yt} \right)$
- $b_c = \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)}$
 $b_c = b - 2 \left(ts + \frac{1}{2} \cdot ds \right) = 1000 - 2(40 + \frac{1}{2} \cdot 16)$
 $b_c = 912 \text{ mm}$
- $A_{ch} = (b - 2ts) \times (h - 2ts) = (1000 - 2 \cdot 40) \times (1000 - 2 \cdot 16)$
 $A_{ch} = 846400 \text{ mm}^2$
- $A_{sh1} = 0,3 \times \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_yt} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 496,51 \text{ mm}^2$
- $A_{sh2} = 0,09 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c}{f_yt} \right) = 802,8 \text{ mm}^2$

Jadi digunakan 5D16-100 dengan

$$\begin{aligned} \text{As.pasang} &= 5 \times 0,25 \times \pi \times (16)^2 \\ &= 1005,714 \text{ mm}^2 > 802,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4 51 Rekapitulasi Spasi Tulangan *Confinement*

Kolom		bc (mm)	Ach (mm²)	Ash 1 (mm²)	Ash 2 (mm²)	As pasang (mm²)	Tul pasang	
Letak	Dimensi							
Groundfloor – Lt 3	1200	1200	1312	1254400	493,6	1000,8	1206,9	6D 16 -100
Lantai 4 – 8	1000	1000	912	846400	496,5	820,8	1005,7	5D 16 -100
Lantai 9 – 13	800	800	712	518400	501,0	640,8	804,57	4D 16 -100
Lantai 14 – Atap	600	600	512	270400	509,0	460,8	603,43	3D 16 -100

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi lo di masing-masing ujung kolom), diberi hoops dengan spasi minimum bedasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5

:

- 6 x diameter tulangan longitudinal terkecil
 $6 \times 29 = 174$ mm
- 150 mm

Jadi digunakan hoop yakni 5 D16-180 mm

Tabel 4 52 Rekapitulasi Tulangan Transversal

Kolom				Tul pasang sendi plastis	Tul pasang sendi plastis
Letak	Dimensi				
Groundfloor – Lt 3	1200	1200		6D 16 -100	6D 16 -150
Lantai 4 – 8	1000	1000		5D 16 -100	5D 16 -150
Lantai 9 – 13	800	800		4D 16 -100	4D 16 -150
Lantai 14 – Atap	600	600		3D 16 -100	3D 16 -150

4.6.5.7 Tulangan Transversal untuk Beban Geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.5.1, gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (a), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (b) dan harus melebihi nilai (c).

a. $V_{e1} = \frac{M_{prc\ atas} + M_{prc\ bawah}}{L_u}$

b. $V_{e2} = \frac{M_{pr(+)} + M_{pr(-)}}{l_n}$

c. Vu hasil analisa struktur

Pehitungan gaya geser desain

a. Menghitung nilai V_{e1}

$M_{prc\ atas}$ dan $M_{prc\ bawah}$ didapatkan dari diagram interaksi P_n - M_{pr} kolom. Diagram interaksi didapat dengan menggunakan $f_s = 1,25$ fy dan $\phi = 1$. Besarnya $M_{prc\ atas}$ dan $M_{prc\ bawah}$ adalah 4246,2 kN.m dan 3560,3 kN.m.

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:									
=====									
Design/Required ratio $\Phi M_{n,x}/M_u \geq 1.00$									
No.	P_u kN	M_{ux} kNm	$\Phi M_{n,x}$ kNm	$\Phi M_{n,x}/M_u$	NA	depth mm	depth mm	$\epsilon_{s,t}$	Φi
1	15128.00	393.00	3514.59	8.943	789	936	0.00056	0.650	
2	16713.00	367.00	3260.30	8.884	866	936	0.00024	0.650	

Gambar 4 37 $M_{prc\ atas}$ dan $M_{prc\ bawah}$

Maka, dapat dihitung :

$$V_{e1} = \frac{M_{prc\ atas} + M_{prc\ bawah}}{L_u} = \frac{3514,59 + 3260,3}{3,4} \\ = 1992,615 \text{ KN}$$

b. Menghitung V_{e2}

Nilai M_{pr+} dan M_{pr-} merupakan nilai pada balok yaitu sebesar 458,77 kN.m dan 1026,1 kN.m.

$$V_{e2} = \frac{M_{pr(+)} + M_{pr(-)}}{l_n} = \frac{458,77 + 1026,1}{3,4} \\ = 436,73 \text{ KN}$$

Maka nilai

c. Vu hasil analisa struktur ETABS

Berdasarkan output ETABS didapatkan nilai $V_u = 144,514$ KN, sedangkan didapatkan V_e maks hasil perhitungan sebesar 1992,615 KN, maka nilai $V_e > V_u$.

Berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 yaitu nilai V_e tidak boleh lebih kecil dari nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan analisa struktur. Sehingga Desain geser memenuhi persyaratan (OK).

Perhitungan Tulangan Geser

- Mengecek kontribusi beton diabaikan atau tidak

Berdasarkan SNI 2847:2013, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila :

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa, V_{sway} , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam lo.

$$50\%.V_e > V_u$$

$$50\%. 1992,615 \text{ KN} > 144,514 \text{ KN} \text{ (OK)}$$

- Gaya tekan aksial terfaktor, $P_u = 7436,1966$ kN harus kurang dari $\frac{Ag \times f'_c}{20} = \frac{1000 \times 1000 \times 40}{20} = 2000$ KN

$$\frac{Ag \times f'_c}{20} < P_u = 16713,171 \text{ KN} \text{ [OK]}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser, yaitu :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot Ag} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d \\ = 2192426 \text{ N} = 2192,43 \text{ KN}$$

- Menghitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom. Besarnya nilai V_s dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 4 D16 -100 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$A_v = 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 1005,714 \text{ mm}^2$$

$$S = 100 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S} = 3739,246 \text{ KN}$$

$$\Phi(V_c + V_s) = 0,75 (2192,43 + 3739,246)$$

$$= 4448,754 \text{ KN} > 1992,615 \text{ KN [OK]}$$

4.6.5.8 Kontrol Penulangan Torsi

Pengaruh puntir terbesar yang dapat diabaikan menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.2:

$$A_g = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(1000+1000) = 4000 \text{ mm}$$

$$T_u < \emptyset 0,33 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 \cdot A_g \cdot \lambda \sqrt{f_c}}}$$

$$4,56 \text{ KNm} < 237,45 \text{ KNm [OK]}$$

Maka tulangan torsi dapat diabaikan.

4.6.5.9 Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3ld$ (SNI 2847:2013 pasal 12.15.1). Besarnya ld ditetapkan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai $K_r = 0$ untuk penyederhanaan desain.

$$ld = \left(\frac{f_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\frac{C_b + K_r}{db}} \right) \cdot db \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 12.2.4})$$

Dimana:

$\Psi_t = 1$ (situasi lainnya)

$\Psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s = 1$ (tulangan $\geq D22$)

$\lambda = 1$ (beton biasa)

$d = 22 \text{ mm}$

nilai cb merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini :

$$c1 = 40 + 16 + \frac{28}{2} = 70 \text{ mm}$$

$$c2 = \frac{1000 - 2 \times (40 + 16) - (24 \times 6)}{6 - 1} = 148,67 \text{ mm}$$

$$ld = \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1,1 \cdot 1}{\frac{70+0}{28}} \right) \cdot 28 = 643,955$$

$$1,3 ld = 1,3 \times 643,955 \text{ mm} = 837,141 \text{ mm} \approx 850 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang 850 mm

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan sambungan lewatan

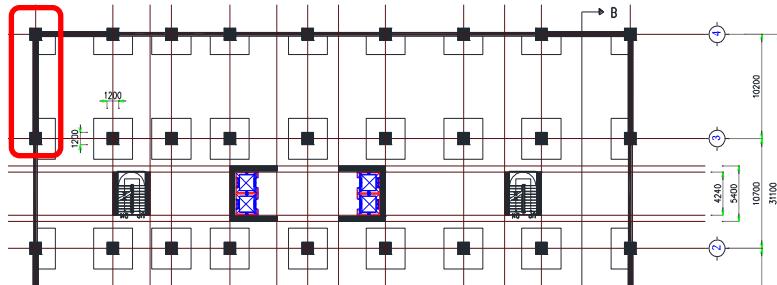
Tabel 4 53 Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Lewatan

Kolom		C1 (mm)	C2 (mm)	C pakai (mm)	ld (mm)	1,3 ld (mm)	ld pakai (mm)
Letak	Dimensi						
Groundfloor – Lt 3	1200	1200	70	148,67	70	643,95	837,14
Lantai 4 – 8	1000	1000	68	148,80	68	487,02	633,13
Lantai 9 – 13	800	800	66	147,00	66	348,46	453,00
Lantai 14 – Atap	600	600	64	141,33	64	229,98	298,98

4.6.6 Desain Shearwall

Dinding geser (*Shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen-momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekan, geser, maupun tekuk.

Struktur gedung apartemen One East yang berada di kota Surabaya dengan kategori seismik E dengan konfigurasi struktur menggunakan sistem rangka gedung dimana dinding geser harus mampu memikul > 90% beban lateral.



Gambar 4 38 Lokasi Dinding Geser

4.6.6.1 Data Desain

- Tinggi dinding (hw) = 4500 mm
- Tebal dinding (h) = 500 mm
- Selimut beton = 40 mm
- Panjang dinding arah y (lwy) = 10200 mm
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Mutu beton (fc) = 40 MPa
- D tulangan longitudinal = 25 mm
- D tulangan transversal = 16 mm

Gaya dalam struktur shearwall didapatkan dari hasil analisa program bantu ETABS, sehingga didapatkan nilai berikut :

Tabel 4 54 Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS)

Kombinasi	P (KN)	Vux (KN)	Vuy (KN)	T (KN-M)	My (KN-M)	Mx (KN-M)
Arah X	32610,89	4007,78	296,05	391,19	534,44	48038,86
Arah Y	23705,72	4473,65	25,38	82,64	250,78	26527,75

4.6.6.2 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.2 kapasitas beban aksial *shearwall* tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur, sehingga :

$$P_u < \phi \times P_n$$

$$\phi \times P_n = 0,55 \times \phi \times f_c \times A_g \times \left(1 - \left(\frac{k \cdot l_c}{32 \times h} \right)^2 \right)$$

Dimana: nilai $k = 0,8$ (untuk dinding yang ditahan pada bagian puncak dan dasarnya terhadap translasi lateral dan dikekang terhadap rotasi pada kedua ujungnya, maka diperoleh :

$$\phi \times P_n = 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 5100000 \times \left(1 - \left(\frac{0,8 \times 4500}{32 \times 500} \right)^2 \right)$$

$$= 79889906,25 \text{ N} = 79889,9 \text{ KN}$$

$$P_{u \max} = 23705,72 \text{ KN} < 79889,9 \text{ KN} [\text{OK}]$$

4.6.6.3 Kontrol Ketebalan Terhadap Gaya Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 untuk semua segmen *shearwall* nilai V_n tidak boleh lebih besar dari $0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{f_c}$.

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}; \phi = 0,75$$

$$V_n = \frac{4473,65}{0,75} = 5964,87 \text{ KN}$$

$$A_{cv} = h \times l_{wy} = 5100000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} &= 0,83 \times 5100000 \times \sqrt{40} \\ &= 26771842,7 \text{ N} = 26771,84 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_n < 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$$

$$5964,87 \text{ KN} < 26771,84 \text{ KN} [\text{OK}]$$

4.6.6.4 Kebutuhan Jumlah Lapis Tulangan

- a. Bila V_u melebihi $0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$ harus digunakan dua tirai tulangan berdasarkan syarat pada SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.2.2.

$$V_u \geq 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$$

$$\geq 0,17 \cdot 1.5100000 \cdot \sqrt{40} = 5483,389 \text{ KN}$$

$$4473,65 \text{ KN} < 5483,389 \text{ KN} \text{ (1 Tirai Tulangan)}$$

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$500 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

4.6.6.5 Perhitungan Kuat Geser yang Disumbangkan Beton

Menentukan kuat geser beton (V_c) sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.6, dimana V_c diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut :

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f_c} x h x d + \frac{P_u x d}{4 x l_w} \quad (1)$$

$$V_c = \left(0,05 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{l_w \left(0,1 \lambda \sqrt{f_c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w x h} \right)}{\frac{M_{ux} l_w}{V_{ux}} - 2} \right) x h x d \quad (2)$$

$$d = 0,8 x l_w = 8160 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 500 \times 8160 + \frac{23705,72 \times 10^3 \times 8160}{4 \times 10200}$$

$$= 11708273,48 \text{ N} = 11708,27 \text{ KN}$$

$$V_{c2} = \left(0,05 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{l_w \left(0,1 \lambda \sqrt{f_c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w x h} \right)}{\frac{M_{ux} l_w}{V_{ux}} - 2} \right) x h x d$$

$$= 1291341,683 \text{ N} = 1291,341 \text{ KN}$$

Maka digunakan nilai $V_c = 1291,341 \text{ KN}$.

4.6.6.6 Kebutuhan Tulangan Dinding Geser

Rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρ_t dan ρ_l) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan, baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm (SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.4).

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan transversal tidak boleh melebihi dari poin berikut :

- $\frac{l_w}{5} = \frac{10200}{5} = 2040 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 500 = 1500 \text{ mm}$
- 450 mm

- a) Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan geser
 $\emptyset V_c = 0,75 \times 1291,341 = 968,5 \text{ KN} < V_u = 4473,65$

$$V_n = V_c + V_s$$

Digunakan tulangan transversal 2 D16 dengan $s = 150 \text{ mm}$.

$$A_{vt} = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{402,124 \times 400 \times 8160}{150} = 8753737,1 \text{ N}$$

$$= 8753,73 \text{ KN}$$

$$V_n = V_c + V_s = 1291,341 + 8753,73 = 10045,071$$

$$V_u < \emptyset V_n$$

$$4473,65 < 7533,80$$

- Kontrol rasio tulangan minimum :

Tulangan transversal (2D16 – 150)

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{h \times s} = \frac{402,285}{500 \times 150} = 0,0053 > 0,0025 \text{ [OK]}$$

- b) Hitung kebutuhan tulangan longitudinal untuk menahan geser

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

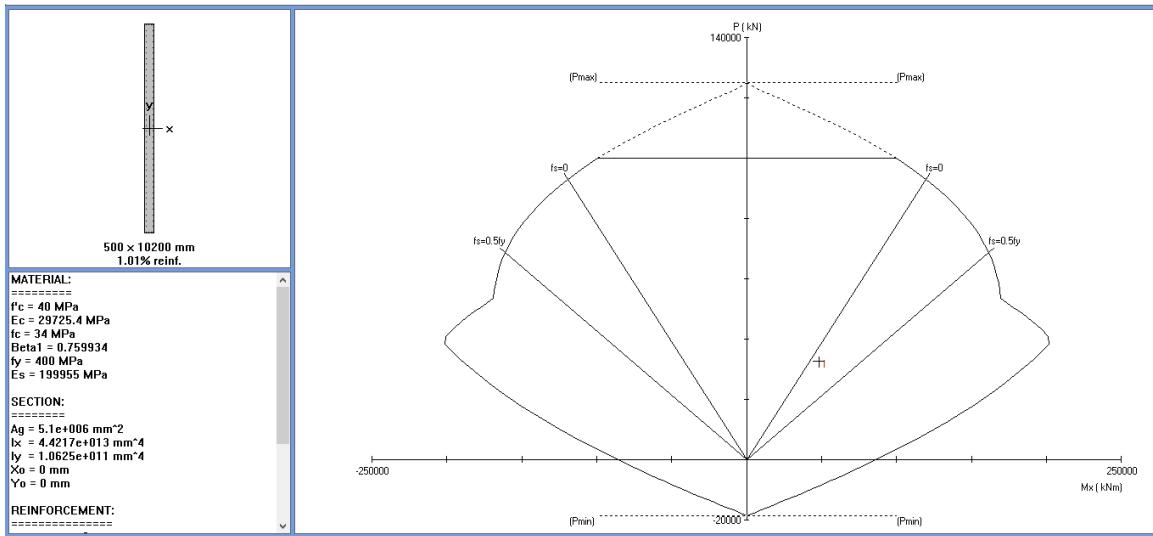
$$\rho_n = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 + \frac{4500}{10200} \right) (0,0053 - 0,0025)$$

$$\rho_n = 0,00662 > 0,0025$$

$$A_v = \rho \cdot h \cdot s = 0,00662 \times 500 \times 150 = 496,324 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan longitudinal menggunakan D25-150
(Avl = 981,748 mm²)

- c) Kontrol tulangan penahan kombinasi aksial dan lentur
Tulangan longitudinal menggunakan hasil perhitungan sebelumnya. Pengecekan dilakukan melalui diagram interaksi P-M hasil program SpColoumn. Dari gambar diketahui bahwa persyaratan tulangan shearwall yang dirancang masih memenuhi persyaratan.



Gambar 4 39 Grafik Diagram Interaksi Sp Colom

4.6.6.7 Kuat Geser Nominal Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1 α_c adalah 0,25 jika $\leq 1,5$ dan 1

Nilai V_n yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 – 2013) pasal 21.9.4.1)

$$V_n = A_{cv} (\alpha \lambda \sqrt{f'_c + p_t f_y})$$

- $\frac{hw}{lw} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = 6,833 \geq 1,5$

Karena $hw/lw \geq 1,5$, sehingga $\alpha_c = 0,17$

- $V_n = 5100000 (0,17 \times 1 \sqrt{40} + 0,0053 \cdot 400)$
 $= 16425560,9 \text{ N} = 16425,6 \text{ KN}$

- $V_u < \phi V_n$
 $4473,65 \text{ KN} < 0,75 \times 16425,6 = 12319,2 \text{ KN} [\text{OK}]$

4.6.6.8 Kontrol dan Desain Element Pembatas

1. Cek apakah dibutuhkan elemen pembatas khusus

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (*Displacement Method*) dimana element pembatas diperlukan apabila :

$$c \geq \frac{lw}{600(\frac{\delta u}{hw})} \text{ dan } \left(\frac{\delta u}{hw} \right) \text{ tidak boleh diambil kurang dari } 0,007.$$

Nilai δ_u adalah nilai displacement pada lantai tertinggi pada masing-masing arah. Dari hasil analisa dengan menggunakan ETABS didapatkan nilai δ_u yaitu sebesar 70,6 mm, sehingga :

$$\left(\frac{\delta u}{hw} \right) = \frac{70,6}{69700} = 1,013 \times 10^{-3} < 0,007, \text{ maka digunakan } 0,007$$

$$\frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw} \right)} = \frac{10200}{600(0,007)} = 2428,6 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn didapatkan nilai c sebesar 3354 mm
 $3354 \text{ mm} > 2428,6 \text{ mm}$ (**Butuh Komponen Batas**)

2. Menentukan Panjang Elemen Pembatas

Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari $(c - 0,1 \cdot lw)$ dan $\frac{c}{2}$.

- $(c - 0,1 \cdot lw) = 3354 - (0,1 \times 10200) = 2334$
- $\frac{c}{2} = \frac{3354}{2} = 1677$

Digunakan jarak element pembatas $> 2334 \text{ mm} = 2400 \text{ mm}$

4.6.6.9 Rekapitulasi Desain Dinding Geser

Dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas, diperoleh hasil Desain dinding geser sebagai berikut :

Tabel 4 55 Rekapitulasi Desain Dinding Geser

Tipe	Tulangan Geser Vertikal dan Horizontal	Panjang Boundary Element
Arah Y	D 16 - 150	2400 mm
Arah X	D 16 - 150	1300 mm

4.5 Desain Struktur Bawah

4.5.1 Desain Pelat Dasar Basement

Dalam Desain pelat dasar basement elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan elevasi muka air tanah pada kondisi existing bangunan. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 2847:2013.

4.5.1.1 Data – Data Desain

Dalam Desain pelat dasar basement digunakan data – data Desain sebagai berikut :

- Tebal Pelat : 250 mm
- Selimut beton : 40 mm
- L_x : 9150 mm
- L_y : 10700 mm
- B : $\frac{L_y}{L_x} = 1,2$
- Mutu beton : 40 MPa
- Mutu tulangan : 400 MPa
- Elevasi muka air tanah : -1,5 m
- Berat jenis air : 1000 kg/m³

4.5.1.2 Akibat Gaya Uplift

Perhitungan gaya uplift yang bekerja pada basement (q air) adalah sebagai berikut :

$$q_{air} = h_{air} \times \text{berat jenis air}$$

$$q_{air} = 1,5 \times 1000 = 1500 \text{ kg/m}^2$$

4.5.1.2.1 Perhitungan Momen Pada Pelat Dasar Basement

Dengan menggunakan koefisien momen di PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

- $M_{lx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$
 $M_{lx} = 0,001 \cdot 1500 \cdot 9,15^2 \cdot 28 = 3515,345 \text{ kg-m}$
 $M_{lx} = 35163450 \text{ N-mm}$
- $M_{tx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$
 $M_{lx} = 0,001 \cdot 1500 \cdot 9,15^2 \cdot 64 = -8037,36 \text{ kg-m}$
 $M_{lx} = -80373600 \text{ N-mm}$
- $M_{lx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$
 $M_{lx} = 0,001 \cdot 1500 \cdot 10,7^2 \cdot 20 = 3434,7 \text{ kg-m}$
 $M_{lx} = 34347000 \text{ N-mm}$
- $M_{lx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$
 $M_{lx} = 0,001 \cdot 1500 \cdot 10,7^2 \cdot 56 = -9617,16 \text{ kg-m}$
 $M_{lx} = -96171600 \text{ N-mm}$

4.5.1.2.2 Penulangan Pelat Dasar Basement arah X

1. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \quad \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

3. Menghitung nilai D_x

$$D_x = 250 - 40 - \left(\frac{1}{2} \times 19 \right) = 200,5 \text{ mm}$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = 11,764$$

- **Tumpuan**

- Menentukan R_n

$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{80373600}{0,9 \times 1000 \times 200,5^2} = 2,221$$

Diketahui harga $\phi=0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,0057$$

Dimana $\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$, $\rho_{pakai} = 0,0057$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat
 $As = \rho \times b \times d$

$$As = 0,0057 \times 1000 \times 200,5^2 = 1152,48 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 200,5^2 \times 1000}{1152,48}$$

$$= 246,11 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 200

• Lapangan

- Menentukan R_n

$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{35163450}{0,9 \times 1000 \times 200,5^2} = 0,97$$

Diketahui harga $\phi=0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,0024$$

Dimana $\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$, $\rho_{pakai} = 0,0024$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat
 $As = \rho \times b \times d$

$$As = 0,0024 \times 1000 \times 200,5^2 = 494,33 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 200,5^2 \times 1000}{494,33}$$

$$= 573,789 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 450

4.5.1.2.3 Penulangan Pelat Dasar Basement arah Y

- Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

- Menghitung nilai D_x

$$D_x = 250 - 40 - 19 - \left(\frac{1}{2} \times 19 \right) = 181,5 \text{ mm}$$

- Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = 11,764$$

- Tumpuan**

- Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset bd^2} = \frac{96171600}{0,9 \times 1000 \times 181,5^2} = 3,243$$

Diketahui harga $\emptyset = 0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,0085$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$, $\rho_{\text{pakai}} = 0,0085$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat
 $As = \rho \times b \times d$

$$As = 0,0085 \times 1000 \times 181,5^2 = 1549,69 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 181,5^2 \times 1000}{1549,69}$$

$$= 183,03 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 150

- **Lapangan**

- Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{34347000}{0,9 \times 1000 \times 181,5} = 1,158$$

Diketahui harga $\phi = 0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) = 0,0029$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$, $\rho_{\text{pakai}} = 0,0029$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat
 $As = \rho \times b \times d$

$$As = 0,0029 \times 1000 \times 181,5^2 = 534,94 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 181,5^2 \times 1000}{534,94}$$

$$= 530,232 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 450

Tabel 4 56 Rekapitulasi penulangan Pelat Basement akibat Gaya Uplift

Letak	Penulangan	
	Arah X	Arah Y
Tumpuan	D19 – 200	D19 – 150
Lapangan	D19 – 450	D19 – 450

4.5.1.2 Akibat Beban Parkir

Perhitungan gaya uplift yang bekerja pada basement

- Pembebanan Pelat Tangga

Beban Mati (DL)

$$\begin{array}{lll}
 \text{Berat Beton} & = 0,25x 2400 & = 600 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi 2 cm} & = 2 \times 21 & = 42 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{Total} & & = 642 \text{ kg/m}^2
 \end{array} +$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup lantai} = 800 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban

$$\begin{aligned}
 \text{Qu} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\
 &= 1.2 (642) + 1.6 (800) \\
 &= 2050,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.5.1.2.1 Perhitungan Momen Pada Pelat Dasar Basement

Dengan menggunakan koefisien momen di PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

- $M_{lx}=0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$
 $M_{lx}=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 9,15^2 \cdot 28 = 4806,61 \text{ kg-m}$
 $M_{lx}=48066100 \text{ N-mm}$
- $M_{tx}=0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$

$$M_{tx}=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 9,15^2 \cdot 64 = -10986,54 \text{ kg-m}$$

$$M_{tx}=-109865400 \text{ N-mm}$$

- $M_{ly}=0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$
 $M_{ly}=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 10,7^2 \cdot 20 = 4695,005 \text{ kg-m}$
 $M_{ly}=46950050 \text{ N-mm}$
- $M_{ty}=0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$
 $M_{ty}=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 10,7^2 \cdot 56 = -13146,02 \text{ kg-m}$
 $M_{ty}=-131460200 \text{ N-mm}$

4.5.1.2.2 Penulangan Pelat Dasar Basement arah X

1. Menentukan harga β_1

$$\beta_1=0,85-0,05 \frac{(f'_c-28)}{7}=0,764$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho_{max} = 0,75 \quad \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

3. Menghitung nilai D_x

$$D_x = 250 - 40 - \left(\frac{1}{2} \times 19 \right) = 200,5 \text{ mm}$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = 11,764$$

- **Tumpuan**

- Menentukan R_n

$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{109865400}{0,9 \times 1000 \times 200,5^2} = 3,04$$

Diketahui harga $\phi=0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) = 0,0079$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$, $\rho_{\text{pakai}} = 0,0079$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$As = \rho \times b \times d$$

$$As = 0,0079 \times 1000 \times 200,5 = 1583,95 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{1583,95}$$

$$= 179,001 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 150

- **Lapangan**

- Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset bd^2} = \frac{48066100}{0,9 \times 1000 \times 200,5^2} = 1,33$$

Diketahui harga $\emptyset = 0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) = 0,0034$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$, $\rho_{\text{pakai}} = 0,0034$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$As = \rho \times b \times d$$

$$As = 0,0034 \times 1000 \times 200,5 = 681,7 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{681,7}$$

$$=415,91 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 400

4.5.1.2.3 Penulangan Pelat Dasar Basement arah Y

- Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

- Menghitung nilai D_x

$$D_x = 250 - 40 - 19 - \left(\frac{1}{2} \times 19 \right) = 181,5 \text{ mm}$$

- Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = 11,764$$

- Tumpuan**

- Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{131460200}{0,9 \times 1000 \times 181,5^2} = 4,43$$

Diketahui harga $\emptyset = 0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,0119$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$, $\rho_{\text{pakai}} = 0,0119$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$As = \rho \times b \times d$$

$$As = 0,0119 \times 1000 \times 181,5 = 2159,85 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{2159,85}$$

$$= 131,27 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 100

- **Lapangan**

- Menentukan Rn

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset bd^2} = \frac{46950050}{0,9 \times 1000 \times 181,5^2} = 1,58$$

Diketahui harga $\emptyset = 0,75$

- Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,00405$$

Dimana $\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$, $\rho_{pakai} = 0,00405$

- Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$As = \rho \times b \times d$$

$$As = 0,00405 \times 1000 \times 181,5 = 735,075 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jarak tulangan (S)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{735,075}$$

$$= 385,71 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 350

Tabel 4 57 Rekapitulasi penulangan Pelat Basement akibat Gaya Uplift

Letak	Penulangan	
	Arah X	Arah Y
Tumpuan	D19 – 150	D19 – 100
Lapangan	D19 – 400	D19 – 350

4.5.2 Desain Balok Basement

Desain balok basement sesuai dengan SNI-2847-2013.

$$h = \frac{1}{16} \times \frac{3800}{16} = 237,5 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

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

Untuk desain awal balok bordes digunakan ukuran balok $200 \times 300 \text{ mm}$.

4.5.2.1 Desain Balok Basement

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat} = 3,8 \times 1,24 \times 2400 = 851,673 \text{ kg/m}$$

$$Q_d = 995,67 \text{ kg/m}$$

$$Q_{du} = 1,2 \times Q_d = 1194,80 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$Q_l = 479 \text{ kg/m}^2 \times 2,8 = 1341,2 \text{ kg/m}$$

$$Q_{lu} = 1,6 \times Q_l = 2145,92 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = Q_{du} + Q_{lu} = 3340,72 \text{ kg/m}$$

Data Perencanaan Penulangan

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

$$F'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} D_x &= 300 - 30 - 10 - (1/2 \cdot 12) \\ &= 254 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Penulangan Lentur Balok Basement

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{16} qu x L^2 \\ &= \frac{1}{16} x 3340,72 x 2,8^2 \\ &= 1636,95 \text{ kg-m} = 16369500 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{M_{max}}{b \times dy^2} = \frac{16369500}{0,9 \times 200 \times 254^2} = 1,409 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ \rho &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,409}{400}} \right) = 0,00342 \end{aligned}$$

Syarat

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00342 < 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 200 \times 254 = 177,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } As \text{ perlu} = 177,8 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan D-12 mm ($A_{D12} = 113,097 \text{ mm}^2$).

$$n (\text{jumlah tulangan}) = \frac{177,8}{113,14} = 1,57 \sim 2 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} = n \times As \text{ tulangan} = 226,194 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} [\text{OK}]$$

Jadi dipakai tulangan lentur tumpuan 2 D12

- Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{11} qu \times L^2 \\ &= \frac{1}{11} \times 3340,72 \times 2,8^2 \\ &= 2381,022 \text{ kg-m} = 23810220 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{max}}{b \times dy^2} = \frac{23810220}{0,9 \times 200 \times 254^2} = 2,05 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ \rho &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,05}{400}} \right) = 0,00534 \end{aligned}$$

Syarat

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00534 < 0,025$$

$$\rho_{pakai} = 0,00534$$

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

$$= 0,00534 \times 200 \times 254 = 271,272 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } As \text{ perlu} = 271,272 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan D-12mm ($A_{D12} = 113,097 \text{ mm}^2$).

$$n (\text{jumlah tulangan}) = \frac{271,272}{113,14} = 2,397 \approx 3 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} = n \times As \text{ tulangan} = 339,291 \text{ mm}^2$$

$As \text{ pakai} > As \text{ perlu}$ [OK]

Jadi dipakai tulangan lentur lapangan 3 D12

Penulangan Geser

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja, besarnya nilai V_c menurut SNI 2847 : 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times x \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 45439,063 \text{ N}$$

$$0,5 \varnothing V_c = 17039,64 \text{ N}$$

$$V_u = 0,5 \times Q_u \times L = 4677,008 \text{ kg} = 46770,08 \text{ N}$$

$$0,5 \varnothing V_c < V_u$$

Kekuatan geser balok tidak mencukupi, jadi harus dipasang tulangan geser minimum.

$$V_s \min = \frac{V_u}{\varnothing}$$

$$V_s \min = \frac{46770,08}{0,75} = 62360,10 \text{ N}$$

Digunakan D-10, dua kaki ($A_v=157,08 \text{ mm}^2$) pada jarak maksimum berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.4.7.9 :

$$S \text{ maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157,4 \times 400 \times 254}{62360,10} = 256,44 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$ (dipasang sengkang D10-100).

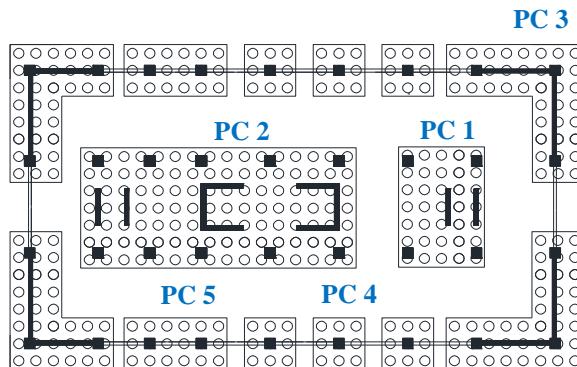
Tabel 4 58 Rekapitulasi Penulangan Balok Basement

Nama Struktur	Tulangan	
	Lentur	Geser
Balok Bordes	D12	D10 - 100

4.5.2 Desain Pondasi

4.5.2.1 Umum

Pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terletak di bagian paling bawah bangunan dan berfungsi sebagai sebagai penopang bangunan diatasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata. Pondasi pada gedung Apartemen One East ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *Spun Pile* dari produk PT WIKA Beton. Pada bab Desain pondasi pembahasan meliputi Desain jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, Desain poer (*pile cap*) dan Desain sloof (*tie beam*). Denah Desain pondasi disajikan dalam gambar berikut :



Gambar 4 40 Denah Desain Pondasi

4.5.2.2 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Pembangunan Apartemen One East berlokasi di kota Surabaya. Data tanah didapatkan dari hasil pengetesan tanah pada lokasi apartemen tersebut berupa data N-SPT dan uji sample tanah di laboratorium. Hasil data pengetesan tanah disajikan pada lampiran.

4.5.2.3 Kombinasi Beban untuk Pondasi

Kombinasi beban yang bekerja pada pondasi diatur dalam SNI 1726:2012 Pasal 4.2.3 menurut metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban di bawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- 1D
- D + L
- D + 0,75L
- D+0,75E
- D + 0,75L + 0,75 (0,7E)
- 0,6D + 0,7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan kontrol dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan. Output dari *Joint reaction* ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan P_{ijin} 1 tiang. Berikut ini adalah output dari *Joint reaction* pada pondasi yang disajikan dalam Tabel 4.42 hingga Tabel 4.45.

Tabel 4 59 Joint Reaction pada PC 1

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
D+L	66,64	12,86	66294,03	4,41	88,39
D+0,7Ey	135,38	733,46	58091,08	1712,59	729,75
D+0,7Ex	356,08	239,95	55138,69	575,83	2520,14
D+0,75L+0,525 Ey	126,40	545,30	66461,86	1286,10	579,96
D+0,75L+0,525 Ex	291,93	175,17	64247,57	433,53	1922,75
D+0,75L	62,54	12,07	63134,01	4,14	83,11
D	50,23	9,71	53653,94	3,31	67,28
0,6D+0,7Ey	115,29	737,34	36629,50	1711,27	702,84
0,6D+0,7Ex	335,99	243,83	33677,11	574,50	2493,23

Tabel 4 60 Joint Reaction pada PC 2

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
D+L	257,27	1,88	116382,99	4,90	127,12
D+0,7Ey	1087,48	1525,74	110723,06	3592,79	1468,03
D+0,7Ex	1526,92	680,76	107672,63	1217,89	4987,64
D+0,75L+0,525 Ey	887,11	1145,00	122435,87	2692,78	1138,85
D+0,75L+0,525 Ex	1216,69	511,27	120148,05	911,61	3778,56
D+0,75L	253,68	1,77	111234,08	4,60	124,09
D	242,91	1,43	95787,34	3,72	115,03
0,6D+0,7Ey	990,32	1525,17	72408,12	3594,27	1422,02
0,6D+0,7Ex	1429,76	680,19	69357,70	1219,38	4941,63

Tabel 4 61 Joint Reaction pada PC 3

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
D+L	222,10	430,05	36656,66	266,80	200,64
D+0,7Ey	1604,44	3052,15	70690,74	2620,89	1068,30
D+0,7Ex	3335,15	1321,10	71871,87	1131,49	3014,40
D+0,75L+0,525 Ey	1285,54	2141,08	64026,10	2058,63	873,51
D+0,75L+0,525 Ex	2583,58	842,79	64911,95	941,58	2333,09
D+0,75L	208,76	409,79	35734,72	253,67	189,58
D	168,72	349,01	32968,89	214,27	156,39
0,6D+0,7Ey	1536,95	3191,76	57503,18	2535,18	1005,74
0,6D+0,7Ex	3267,67	1460,70	58684,31	1045,78	2951,85

Tabel 4 62 Joint Reaction pada PC 4

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
D+L	2,41	98,34	8895,76	123,53	9,40
D+0,7Ey	21,31	109,44	7363,97	296,48	163,97
D+0,7Ex	72,04	85,72	7368,08	37,82	586,63
D+0,75L+0,525 Ey	16,76	119,01	8513,87	175,88	126,04
D+0,75L+0,525 Ex	54,81	101,21	8516,95	18,11	443,04
D+0,75L	2,33	92,17	8512,28	115,73	9,05
D	2,07	73,66	7361,85	92,34	7,98
0,6D+0,7Ey	20,48	79,98	4419,23	333,41	160,78
0,6D+0,7Ex	71,22	56,25	4423,34	74,76	583,44

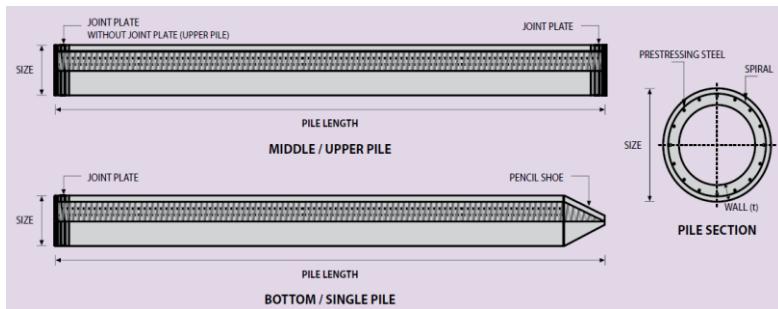
Tabel 4 63 Joint Reaction pada PC 5

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
D+L	9,54	163,16	14992,75	203,35	12,92
D+0,7Ey	59,40	197,10	12902,88	643,86	343,80
D+0,7Ex	167,29	147,81	13454,23	115,45	1208,90
D+0,75L+0,525 Ey	48,41	209,32	14651,95	405,85	263,63
D+0,75L+0,525 Ex	129,33	172,35	15065,46	9,55	912,46
D+0,75L	8,80	152,80	14379,44	190,25	11,65
D	6,58	121,74	12539,54	150,95	7,82
0,6D+0,7Ey	56,77	148,40	7887,06	704,24	340,68
0,6D+0,7Ex	164,66	99,11	8438,41	175,83	1205,77

4.5.2.4 Analisa Daya Dukung Tiang Pancang

Tiang pancang yang akan digunakan merupakan tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* produksi PT WIKA Beton dengan spesifikasi sebagai berikut.

- *Outside diameter (D1)* = 60 cm
- *Inside Diameter (D2)* = 40 cm
- *Wall thickness* = 10 cm
- *Class* = C
- *Concrete cross section* = 1570,8 cm²
- *Bending moment crack* = 29 ton.m
- *Bending momen ultimate* = 58 ton.m
- *Allowable axial load* = 229,5 ton
- *Concrete Strength* = 52 MPa



Gambar 4 41 Spesifikasi Tiang Pancang

4.5.2.5 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk Desain tiang pancang. Hasil tes tersebut harus dikoreksi terlebih dahulu. Metode perhitungan yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah yang sebenarnya menggunakan formula dari Mayeerhof dan Bazaraa.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT dengan kedalaman hingga 60 meter.

Berikut ini adalah contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dengan diameter 60 cm pada kedalaman 34 meter.

1. Data Desain dan data tanah pada kedalaman 36 meter

$$\text{Depth increment, } i = 0,5 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,69 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma' = 0,69 \text{ ton/m}^3$$

2. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$:

- $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$

- $N_1 = 0,6N$

Kemudian diambil nilai N_1 yang terkecil.

3. Koreksi terhadap *overburden pressure*

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal

- $N_2 = 4N_1/(1+0,4\rho_o)$ untuk $\rho_o < 7,5 \text{ ton/m}^2$

- $N_2 = 4N_1/(3,25+0,1\rho_o)$ untuk $\rho_o > 7,5 \text{ ton/m}^2$

Di mana ρ_o adalah tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan/kedalaman yang ditinjau.

$$\rho_{o36} = \rho_{o35,5} + \gamma' x i = 23,46 + 0,69 \times 0,5 = 23,81 \text{ ton/m}^2 > 7,5$$

$$\text{Sehingga, } N_2 = 4 \times 29 / (3,25 + 0,1 \times 23,81) = 20,5$$

$$\text{Harga } N_2 \text{ harus } < 2N_1 = 2 \times 29 = 58 \text{ sehingga } N_{\text{corr}} = N_2 = \mathbf{20,5}.$$

4. Tiang pancang dibagi menjadi beberapa segmen yaitu tiap kedalaman 0,5 meter. Kemudian dihitung N_{corr} rata-rata ujung pada kedalaman 34 meter. Diambil nilai N_{corr} sepanjang 4D di bawah kedalaman 34 meter dan 8D di atas titik yang ditinjau. Sehingga didapatkan N rata-rata ujung sebesar **26,59**.

5. Daya dukung tiang pancang D60 dengan kedalaman 34 meter dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_{ult} = 40 \text{ N. } A_{ujung} + \sum_{i=0,5}^n \frac{N_i}{5} x A_{si}$$

$$Q_{ujung} = 40 \text{ N} \times A_{ujung} = 40 \times 26,59 \times 0,25 \times \pi \times 0,6^2$$

$$Q_{ujung} = 300,73 \text{ ton}$$

Lalu, menghitung daya lekatan per-satuan luas dengan rumus:

$$\text{Untuk tanah lempung, } f_{si} = \frac{N_{corr}}{2} = \frac{20,5}{2} = 4,09 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Untuk tanah pasir, } f_{si} = \frac{N_{corr}}{5}$$

Kemudian menghitung daya lekatan per-meter panjang selimut dengan rumus:

$$R_{si34} = f_{si34} \times \pi \times D \times i = 4,09 \times \pi \times 0,6 \times 0,5 = 3,86 \text{ ton}$$

$$\sum R_{si34} = \sum R_{si33,5} + R_{si34} = 431,54 + 3,86 = 435,40 \text{ ton}$$

$$Q_{ult} = 300,73 + 435,40 = 736,13 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / SF = 736,13 / 3 = 245,38 \text{ ton}$$

Jadi, Qijin untuk 1 tiang pancang adalah sebesar 245,38 ton.

Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang selengkapnya dapat dilihat pada lampiran dan direncanakan dengan *safety factor* sebesar 3. Daya dukung yang digunakan pada Desain pondasi kali ini adalah pada kedalaman 34 meter yakni sebesar 245,38 ton. Daya dukung tiang pancang selengkapnya terhadap kedalaman disajikan pada Gambar 4.42 dan Tabel 4.65.

Tabel 4 64 Perhitungan Q ijin tanah

Depth (m)	Nspt	L/P	N1	po (ton/m ²)	Po kum (ton/m ²)	N2	2N1	N Corr	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	fsi (ton/m ²)	Rsi (ton)	S Rsi (ton)	Qult = Qujung + S Rsi (ton)	Qijin = Qult/S F SF=3 ; (ton)
0	0	P	0	0,35	0,35	0,0	0,0	0,0	25,20	285,01	0,00	0,00	0,00	285,01	95,00
0,5	0	P	0	0,35	0,69	0,0	0,0	0,0	24,60	278,22	0,00	0,00	0,00	278,22	92,74
1	42	P	25	0,35	1,04	71,3	50,4	50,4	22,80	257,86	10,08	9,50	9,50	267,36	89,12
1,5	38	P	23	0,35	1,38	58,8	45,6	45,6	20,43	231,00	9,12	8,60	18,10	249,10	83,03
2	25	P	15	0,35	1,73	35,5	30,0	30,0	18,55	209,82	6,00	5,65	23,75	233,57	77,86
2,5	18	P	11	0,35	2,07	23,6	21,6	21,6	17,03	192,64	4,32	4,07	27,82	220,46	73,49
3	6	P	6	0,35	2,42	12,2	12,0	12,0	15,77	178,39	2,40	2,26	30,08	208,48	69,49
3,5	2	P	2	0,35	2,76	3,8	4,0	3,8	14,71	166,37	0,76	0,72	30,80	197,17	65,72
4	2	P	2	0,35	3,11	3,6	4,0	3,6	13,80	156,06	0,71	0,67	31,47	187,53	62,51
4,5	2	P	2	0,35	3,45	3,4	4,0	3,4	13,90	157,25	0,67	0,63	32,11	189,35	63,12
5	2	L	2	0,35	3,80	3,2	4,0	3,2	14,00	158,38	1,59	1,50	33,60	191,99	64,00

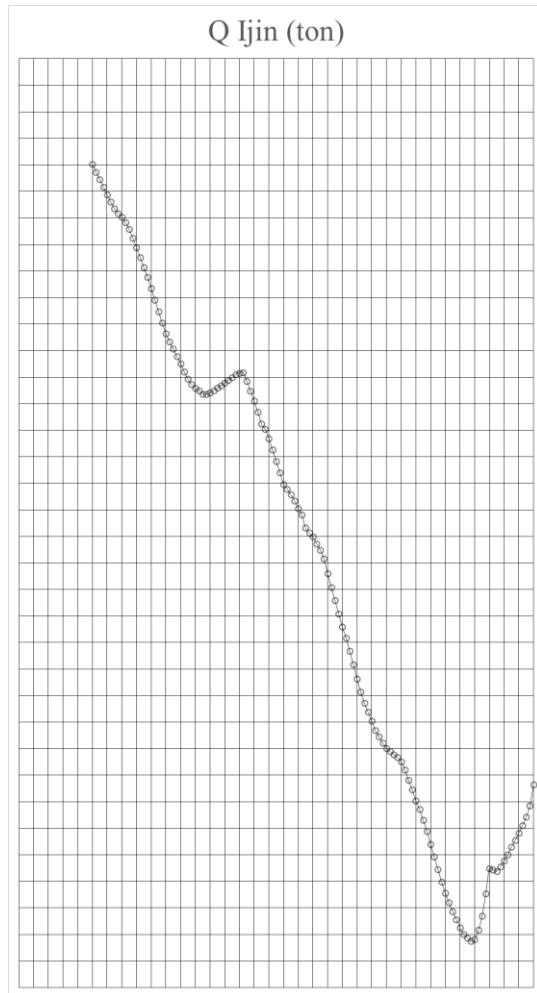
Depth (m)	Nspt	L/P	N1	po (ton/ m2)	Po kum (ton/m2)	N2	2N1	N Corr	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	fsi (ton/ m2)	Rsi (ton)	S Rsi (ton)	Quilt = Qujung + S Rsi	Qijin = Quilt/S F
														S F=3 ; (ton)	
5,5	2	L	2	0,35	4,14	3,0	4,0	3,0	10,22	115,62	1,51	1,42	35,02	150,64	50,21
6	2	L	2	0,35	4,49	2,9	4,0	2,9	6,81	76,99	1,43	1,35	36,37	113,36	37,79
6,5	1	L	1	0,35	4,83	1,4	2,0	1,4	4,59	51,89	0,68	0,64	37,02	88,90	29,63
7	1	L	1	0,35	5,18	1,3	2,0	1,3	3,01	34,06	0,65	0,61	37,63	71,69	23,90
7,5	1	L	1	0,35	5,52	1,2	2,0	1,2	2,17	24,54	0,62	0,59	38,22	62,76	20,92
8	1	L	1	0,35	5,87	1,2	2,0	1,2	2,04	23,02	0,60	0,56	38,78	61,80	20,60
8,5	1	L	1	0,35	6,21	1,1	2,0	1,1	1,99	22,52	0,57	0,54	39,32	61,84	20,61
9	1	L	1	0,35	6,56	1,1	2,0	1,1	1,96	22,18	0,55	0,52	39,84	62,02	20,67
9,5	1	L	1	0,35	6,90	1,1	2,0	1,1	2,32	26,24	0,53	0,50	40,34	66,58	22,19
10	2	L	2	0,35	7,25	2,1	4,0	2,1	2,84	32,08	1,03	0,97	41,31	73,39	24,46
10,5	3	L	3	0,35	7,59	3,0	6,0	3,0	3,36	37,98	1,50	1,41	42,72	80,70	26,90
11	3	L	3	0,35	7,94	3,0	6,0	3,0	4,43	50,11	1,48	1,40	44,12	94,23	31,41
11,5	8	P	8	0,35	8,28	7,8	16,0	7,8	5,64	63,83	1,57	1,48	45,60	109,43	36,48

Depth (m)	Nspt	L/P	N1	po (ton/ m2)	Po kum (ton/m2)	N2	2N1	N Corr	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	fsi (ton/ m2)	Rsi (ton)	S Rsi (ton)	Quilt = Qujung + S Rsi	Qijin = Quilt/S F
														S F=3 ; (ton)	
12	10	P	10	0,35	8,63	9,7	20,0	9,7	6,85	77,49	1,95	1,83	47,43	124,92	41,64
12,5	10	L	10	0,35	8,97	9,6	20,0	9,6	8,12	91,88	4,82	4,55	51,98	143,85	47,95
13	16	L	16	0,35	9,32	15,3	32,0	15,3	9,39	106,18	7,65	7,21	59,19	165,37	55,12
13,5	18	L	18	0,35	9,66	17,1	36,0	17,1	10,65	120,41	8,54	8,05	67,24	187,65	62,55
14	18	L	18	0,35	10,01	16,9	36,0	16,9	11,90	134,55	8,47	7,98	75,22	209,77	69,92
14,5	19	L	19	0,35	10,35	17,7	38,0	17,7	12,99	146,93	8,87	8,36	83,58	230,50	76,83
15	19	L	19	0,35	10,70	17,6	38,0	17,6	14,00	158,37	8,80	8,29	91,87	250,24	83,41
15,5	19	L	19	0,35	11,04	17,5	38,0	17,5	15,01	169,74	8,73	8,23	100,09	269,83	89,94
16	19	L	19	0,35	11,39	17,3	38,0	17,3	15,42	174,44	8,66	8,16	108,26	282,70	94,23
16,5	18	L	18	0,35	11,73	16,3	36,0	16,3	15,69	177,43	8,14	7,67	115,93	293,35	97,78
17	18	L	18	0,35	12,08	16,2	36,0	16,2	15,75	178,12	8,08	7,61	123,54	301,66	100,55
17,5	18	L	18	0,35	12,42	16,0	36,0	16,0	15,77	178,33	8,01	7,55	131,09	309,43	103,14
18	15	L	15	0,35	12,77	13,3	30,0	13,3	15,77	178,40	6,63	6,25	137,34	315,74	105,25

Depth (m)	Nspt	L/P	N1	po (ton/ m2)	Po kum (ton/m2)	N2	2N1	N Corr	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	fsi (ton/ m2)	Rsi (ton)	S Rsi (ton)	Quilt = Qujung + S Rsi	Qijin = Quilt/S F
														S F=3 ; (ton)	
18,5	15	L	15	0,35	13,11	13,2	30,0	13,2	16,11	182,18	6,58	6,20	143,54	325,71	108,57
19	12	L	12	0,35	13,46	10,4	24,0	10,4	16,11	182,18	5,22	4,92	148,46	330,64	110,21
19,5	18	L	18	0,35	13,80	15,6	36,0	15,6	16,05	181,47	7,78	7,33	155,79	337,26	112,42
20	20	L	20	0,35	14,15	17,2	40,0	17,2	15,98	180,78	8,58	8,08	163,87	344,65	114,88
20,5	25	L	25	0,35	14,49	21,3	50,0	21,3	15,80	178,66	10,64	10,03	173,90	352,56	117,52
21	21	L	21	0,35	14,84	17,7	42,0	17,7	15,68	177,36	8,87	8,36	182,26	359,62	119,87
21,5	20	L	20	0,35	15,18	16,8	40,0	16,8	15,69	177,49	8,39	7,91	190,17	367,66	122,55
22	20	L	20	0,35	15,53	16,7	40,0	16,7	16,02	181,16	8,33	7,85	198,02	379,18	126,39
22,5	18	L	18	0,35	15,87	14,9	36,0	14,9	16,54	187,11	7,44	7,01	205,03	392,15	130,72
23	18	L	18	0,35	16,22	14,8	36,0	14,8	17,50	197,90	7,39	6,96	212,00	409,89	136,63
23,5	20	L	20	0,35	16,56	16,3	40,0	16,3	18,65	210,89	8,15	7,68	219,68	430,57	143,52
24	25	L	25	0,35	16,91	20,2	50,0	20,2	19,39	219,29	10,12	9,54	229,22	448,51	149,50
24,5	25	L	25	0,35	17,25	20,1	50,0	20,1	20,12	227,51	10,05	9,47	238,69	466,20	155,40

Depth (m)	Nspt	L/P	N1	po (ton/ m2)	Po kum	N2	2N1	N Corr	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	fsi (ton/ m2)	Rsi (ton)	S Rsi (ton)	Quilt = Qujung + S Rsi	Qijin = Quilt/S F
														S F=3 ; (ton)	
25	32	L	32	0,35	17,60	25,6	64,0	25,6	20,57	232,65	12,78	12,04	250,73	483,39	161,13
25,5	32	L	32	0,35	17,94	25,4	64,0	25,4	21,28	240,72	12,69	11,96	262,69	503,41	167,80
26	32	L	32	0,35	18,29	25,2	64,0	25,2	22,12	250,14	12,60	11,88	274,57	524,71	174,90
26,5	34	L	34	0,35	18,63	26,6	68,0	26,6	23,06	260,83	13,30	12,53	287,10	547,93	182,64
27	35	L	35	0,35	18,98	27,2	70,0	27,2	24,13	272,90	13,60	12,82	299,92	572,82	190,94
27,5	35	L	35	0,35	19,32	27,0	70,0	27,0	25,19	284,90	13,51	12,73	312,65	597,55	199,18
28	36	L	36	0,35	19,67	27,6	72,0	27,6	26,12	295,41	13,80	13,01	325,66	621,06	207,02
28,5	38	L	38	0,35	20,01	28,9	76,0	28,9	26,62	301,04	14,47	13,64	339,30	640,34	213,45
29	38	L	38	0,35	20,36	28,8	76,0	28,8	27,11	306,66	14,38	13,55	352,85	659,51	219,84
29,5	38	L	38	0,35	20,70	28,6	76,0	28,6	27,29	308,65	14,29	13,46	366,32	674,97	224,99
30	38	L	38	0,35	21,05	28,4	76,0	28,4	26,68	301,78	14,19	13,38	379,69	681,48	227,16
30,5	36	L	36	0,35	21,39	26,7	72,0	26,7	26,08	294,97	13,36	12,59	392,28	687,25	229,08
31	36	L	36	0,35	21,74	26,6	72,0	26,6	25,43	287,59	13,28	12,51	404,80	692,39	230,80

Depth (m)	Nspt	L/P	N1	po (ton/ m2)	Po kum (ton/m2)	N2	2N1	N Corr	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	<i>fsi</i> (ton)	Rsi (ton)	S Rsi (ton)	Quilt = Qujung + S Rsi (ton)	Qijin = Quilt/S F SF=3 ; (ton)
31,5	38	L	38	0,35	22,08	27,8	76,0	27,8	24,82	280,72	13,92	13,12	417,92	698,64	232,88
32	40	P	24	0,35	22,43	17,5	48,0	17,5	24,32	275,02	3,50	3,29	421,21	696,23	232,08
32,5	40	P	24	0,35	22,77	17,4	48,0	17,4	24,91	281,72	3,47	3,27	424,49	706,21	235,40
33	42	P	25	0,35	23,12	18,1	50,4	18,1	25,38	287,06	3,62	3,42	427,91	714,97	238,32
33,5	45	P	27	0,35	23,46	19,3	54,0	19,3	26,12	295,42	3,86	3,64	431,54	726,97	242,32
34	48	P	29	0,35	23,81	20,5	57,6	20,5	26,59	300,73	4,09	3,86	435,40	736,13	245,38



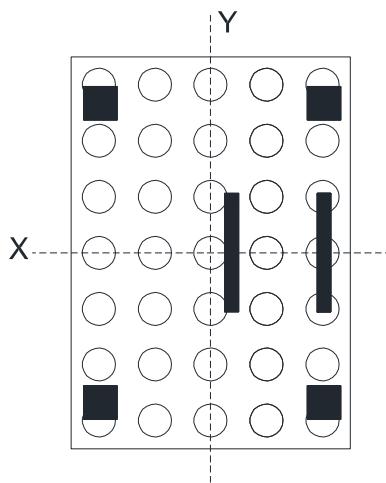
Gambar 4 42 Daya Dukung Ijin Aksial Tekan Tiang Tunggal

4.5.2.6 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{\max} = \frac{P}{n} \pm \frac{My \times X_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \times Y_{\max}}{\sum y^2} \leq P_{ijin\ tanah}$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang yang telah direncanakan pada denah pondasi. Berikut ini merupakan contoh perhitungan dengan menggunakan tiang pancang kelompok PC 1 dengan kombinasi beban 1D + 0,7Ey. Untuk kontrol selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.46 hingga Tabel 4.49.



Gambar 4 43 Kelompok Tiang PC 1

$$\begin{aligned}
 P &= 5809,108 \text{ ton} \\
 N &= 35 \text{ tiang} \\
 M_x &= M_x + (H_y \times t_{poer}) = 171 \text{ ton.m} \\
 M_y &= M_y + (H_x \times t_{poer}) = 86,51 \text{ ton.m} \\
 X_{\max} &= 4 \text{ m} \\
 Y_{\max} &= 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$P_{\max} = \frac{5809,108}{35} + \frac{86,51 \times 4}{280} + \frac{171 \times 6}{560} \leq 245,38 \text{ ton}$$

$$P_{\max} = 169,045 \leq 245,38 \text{ ton [OK]}$$

Tabel 4 65 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 1

Kombinasi	n	P (ton)	P/n (ton)	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max <Pijin
D+L	35	6629,4	189,4	62,0	280	10,4	560	189,7	245,4	OK
D+0,7Ey	35	5809,1	166	346,1	280	1027,6	560	169,0	245,4	OK
D+0,7Ex	35	5513,9	157,5	1150,5	280	345,5	560	162,3	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ey	35	6646,2	189,9	282,5	280	771,7	560	192,3	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ex	35	6424,8	183,6	885,9	280	260,1	560	187,2	245,4	OK
D+0,75L	35	6313,4	180,4	58,3	280	2,5	560	180,6	245,4	OK
D	35	5365,4	153,3	47,0	280	2,0	560	153,5	245,4	OK
0,6D+0,7Ey	35	3663,0	104,7	327,3	280	1026,8	560	107,7	245,4	OK
0,6D+0,7Ex	35	3367,7	96,2	1131,7	280	344,7	560	100,9	245,4	OK

Tabel 4 66 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 2

Kombinasi	n	P	P/n (ton)	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max <Pijin
D+L	112	11638,3	103,9	576,6	9520	4,1	1792	104,0	245,4	OK
D+0,7Ey	112	11072,3	98,86	3833,3	9520	3071,1	1792	101,0	245,4	OK
D+0,7Ex	112	10767,3	96,14	9771,8	9520	1139,2	1792	97,8	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ey	112	12243,6	109,3	3038,9	9520	2302,7	1792	110,9	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ex	112	12014,8	107,3	7492,9	9520	853,7	1792	108,5	245,4	OK
D+0,75L	112	11123,4	99,32	566,7	9520	3,8	1792	99,4	245,4	OK
D	112	9578,7	85,52	536,9	9520	3,1	1792	85,6	245,4	OK
0,6D+0,7Ey	112	7240,8	64,65	3618,5	9520	3071,7	1792	66,7	245,4	OK
0,6D+0,7Ex	112	6935,8	61,93	9557,1	9520	1139,7	1792	63,6	245,4	OK

Tabel 4 67 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 3

Kombinasi	n	P	P/n (ton)	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max <Pijin
D+L	39	3665,7	93,99	295,9	919	487,8	919	94,8	245,4	OK
D+0,7Ey	39	7069,1	181,3	1870,9	919	3971,1	919	187,6	245,4	OK
D+0,7Ex	39	7187,2	184,3	4444,7	919	1716,8	919	191,0	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ey	39	6402,6	164,2	1511,3	919	2939,8	919	169,0	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ex	39	6491,2	166,4	3441,7	919	1249,1	919	171,5	245,4	OK
D+0,75L	39	3573,5	91,63	278,8	919	464,4	919	92,4	245,4	OK
D	39	3296,9	84,54	227,6	919	394,3	919	85,2	245,4	OK
0,6D+0,7Ey	39	5750,3	147,4	1779,9	919	4008,9	919	153,7	245,4	OK
0,6D+0,7Ex	39	5868,4	150,5	4353,7	919	1754,5	919	157,1	245,4	OK

Tabel 4 68 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 4

Kombinasi	n	P	P/n (ton)	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max < Pijin
D+L	9	889,6	98,84	1,8	36	33,3	36	99,8	245,4	OK
D+0,7Ey	9	736,4	81,82	27,8	36	60,9	36	84,3	245,4	OK
D+0,7Ex	9	736,8	81,87	98,8	36	18,5	36	85,1	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ey	9	851,4	94,6	21,4	36	44,2	36	96,4	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ex	9	851,7	94,63	74,7	36	17,9	36	97,2	245,4	OK
D+0,75L	9	851,2	94,58	1,7	36	31,2	36	95,5	245,4	OK
D	9	736,2	81,8	1,5	36	24,9	36	82,5	245,4	OK
0,6D+0,7Ey	9	441,9	49,1	27,2	36	62,0	36	51,6	245,4	OK
0,6D+0,7Ex	9	442,3	49,15	98,2	36	19,7	36	52,4	245,4	OK

Tabel 4 69 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang PC 5

Kombinasi	n	P	P/n (ton)	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max < Pijin
D+L	18	1499,3	83,29	11,2	210	73,3	48	84,9	245,4	OK
D+0,7Ey	18	1290,3	71,68	201,6	210	168,2	36	77,3	245,4	OK
D+0,7Ex	18	1345,4	74,75	688,1	210	52,7	36	79,5	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ey	18	1465,2	81,4	156,0	210	123,0	36	85,6	245,4	OK
D+0,75L+0,525 Ex	18	1506,5	83,7	520,9	210	36,4	36	87,2	245,4	OK
D+0,75L	18	1437,9	79,89	10,2	210	68,6	36	81,8	245,4	OK
D	18	1254,0	69,66	7,2	210	54,5	36	71,2	245,4	OK
0,6D+0,7Ey	18	788,7	43,82	198,7	210	170,5	36	49,5	245,4	OK
0,6D+0,7Ex	18	843,8	46,88	685,2	210	55,0	36	51,7	245,4	OK

4.5.2.7 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Desain pondasi pada Apartemen One East berupa kelompok tiang pancang yang menopang 1 kolom maupun *shear wall* karena 1 tiang pancang tidak mampu menahan gaya aksial yang terjadi. Terdapat beberapa jenis susunan tiang pancang berdasarkan berat gaya aksial yang dipikul oleh kolom maupun *shear wall*. Tebal *pile cap* yang direncanakan sebesar 1 meter untuk semua jenis *pile cap*.

Pengaturan jarak tiang pancang untuk semua jenis *pile cap* adalah sama untuk semua jenis *pile cap* yaitu, jarak antar tiang pancang diambil $3D = S = 2$ m dan jarak tepi tiang pancang diambil $1,5D = 1$ m. Akibat dari pengaturan jarak tiang pancang ini, perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut formula Seiler-Keeney.

$$\eta = \left(1 - \frac{36S}{(75S^2 - 7)} \times \left(\frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0,3}{m+n}$$

Di mana:

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

Sehingga, $Q_{l(\text{group})} = Q_{l(1 \text{ tiang})} \times n \times \eta$. Di mana $Q_{l(\text{group})}$ harus lebih besar dari P yang terjadi. Perhitungan kekuatan tiang pancang kelompok disajikan dalam Tabel 4.50 hingga Tabel 4.53.

Tabel 4 70 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC 1

Kombinasi	P ijin tanah (ton)	n	m (kolom)	n (baris)	S (mm)	η	Ql (ton)	P ijin tiang (ton)	Ql (group) > P ijin
D+L	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	3319,5	OK
D+0,7Ey	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	6566,5	OK
D+0,7Ex	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	6684,7	OK
D+0,75L+0,525 Ey	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	5915,5	OK
D+0,75L+0,525 Ex	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	6004,1	OK
D+0,75L	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	3235,3	OK
D	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	2982,4	OK
0,6D+0,7Ey	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	5381,0	OK
0,6D+0,7Ex	245,4	35	4	5	2000	0,80	6884,3	5499,2	OK

Tabel 4 71 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC 2

Kombinasi	P ijin tanah (ton)	n	m (kolom)	n (baris)	S (mm)	η	Ql (ton)	P ijin tiang (ton)	Ql (group) > P ijin
D+L	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	11645,3	OK
D+0,7Ey	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	11309,3	OK
D+0,7Ex	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	10953,4	OK
D+0,75L+0,525 Ey	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	12423,3	OK
D+0,75L+0,525 Ex	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	12156,3	OK
D+0,75L	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	11130,3	OK
D	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	9585,2	OK
0,6D+0,7Ey	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	7475,4	OK
0,6D+0,7Ex	245,4	112	7	5	2000	0,79	21635,9	7119,4	OK

Tabel 4 72 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC 3

Kombinasi	P ijin tanah (ton)	n	m (kolom)	n (baris)	S (mm)	η	QI (ton)	P ijin tiang (ton)	QI (group) > P ijin
D+L	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	3698,9	OK
D+0,7Ey	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	7317,0	OK
D+0,7Ex	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	7448,7	OK
D+0,75L+0,525 Ey	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	6591,5	OK
D+0,75L+0,525 Ex	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	6690,3	OK
D+0,75L	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	3605,0	OK
D	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	3323,3	OK
0,6D+0,7Ey	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	5996,0	OK
0,6D+0,7Ex	245,4	39	4	5	2000	0,79	7604,0	6127,6	OK

Tabel 4 73 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC 4

Kombinasi	P ijin tanah (ton)	n	m (kolom)	n (baris)	S (mm)	η	QI (ton)	P ijin tiang (ton)	QI (group) > P ijin
D+L	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	898,3	OK
D+0,7Ey	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	758,6	OK
D+0,7Ex	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	766,1	OK
D+0,75L+0,525 Ey	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	867,8	OK
D+0,75L+0,525 Ex	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	874,8	OK
D+0,75L	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	859,5	OK
D	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	742,8	OK
0,6D+0,7Ey	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	464,2	OK
0,6D+0,7Ex	245,4	9	2	2	2000	0,85	1884,7	471,8	OK

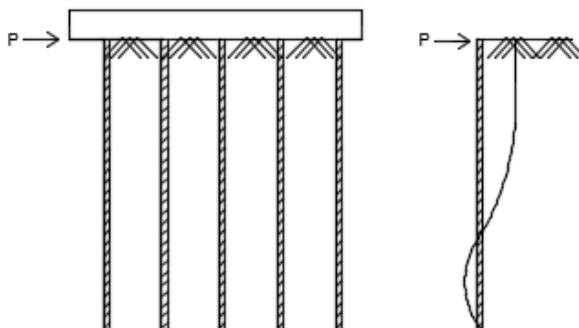
Tabel 4 74 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang Group PC 5

Kombinasi	P ijin tanah (ton)	n	m (kolom)	n (baris)	S (mm)	η	QI (ton)	P ijin tiang (ton)	QI (group) > P ijin
D+L	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	1527,7	OK
D+0,7Ey	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	1391,7	OK
D+0,7Ex	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	1430,7	OK
D+0,75L+0,525 Ey	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	1540,1	OK
D+0,75L+0,525 Ex	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	1569,4	OK
D+0,75L	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	1473,1	OK
D	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	1281,8	OK
0,6D+0,7Ey	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	891,0	OK
0,6D+0,7Ex	245,4	18	6	3	2000	0,82	3614,3	930,1	OK

4.5.2.8 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang

Tiang pancang yang direncanakan dikontrol terhadap beberapa kriteria sebagai berikut:

1. Kontrol terhadap Gaya Lateral



Gambar 4 44 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:

$$\delta = F_d \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

Di mana:

δ = defleksi yang terjadi

F_d = koefisien defleksi

P = Gaya lateral 1 tiang

T = *Relative stiffness factor*

Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari kontrol kekuatan tiang pancang akibat gaya lateral. Contoh perhitungan diambil dari tiang pancang kelompok PC 3 dengan kombinasi beban 1D+1L.

$$H_{\max 1 \text{ tiang}} = 7,83 \text{ ton}$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Didapatkan

$$E = 4700 \sqrt{f_c} = 4700\sqrt{52} = 33892,1 \text{ MPa} = 338921,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64}\pi (60^4 - 40^4) = 510714,28 \text{ cm}^4$$

f = *soil modulus of elasticity coefficient*, didapatkan dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*.

$$C_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_u = 2 \times C_u = 2 \times 0,75 / 0,977 = 1,53 \text{ ton/ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga} \quad \text{koefisien} \quad f &= 2,5 \quad \text{ton/ft}^3 = 2,5 \times 0,032 \\ &\text{kg/cm}^2 = 0,08 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{338921,82 \times 510714,28}{0,08} \right)^{\frac{1}{3}} = 293,114 \text{ cm}$$

L = panjang tiang pancang = 3400 cm

$$\frac{L}{T} = \frac{3400}{293,114} = 11,59$$

Fd = koefisien defleksi, didapatkan dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* = 0,93

$$\delta = Fd \left(\frac{PT}{EI} \right)^3 \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,93 \left(\frac{7,83 \times 293,114}{338921,82 \times 510714,28} \right)^3 = 1,058 \leq 2,5 \text{ cm} \rightarrow (\text{OK})$$

2. Kontrol terhadap *Bending Moment Crack*

Fm = koefisien defleksi, didapatkan dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* = 0,87

$$M_p < M_{crack}$$

$$Fm(PT) < M_{crack}$$

$$0,87(7,83 \times 293,114) < M_{crack}$$

$$19,96 \text{ ton.m} < 29 \text{ ton.m} \rightarrow (\text{OK})$$

Kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral dan momen crack selengkapnya disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4 75 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral PC 1

n	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	δ < 2,5 cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
35	D+L	0,19	0,03	OK	0,49	29	OK
35	D+0,7Ey	2,10	0,28	OK	5,34	29	OK
35	D+0,7Ex	1,02	0,14	OK	2,59	29	OK
35	D+0,75L+0,525 Ey	1,56	0,21	OK	3,97	29	OK
35	D+0,75L+0,525 Ex	0,83	0,11	OK	2,13	29	OK
35	D+0,75L	0,18	0,02	OK	0,46	29	OK
35	D	0,14	0,02	OK	0,37	29	OK
35	0,6D+0,7Ey	2,11	0,29	OK	5,37	29	OK
35	0,6D+0,7Ex	0,96	0,13	OK	2,45	29	OK

Tabel 4 76 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral PC 2

n	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	δ < 2,5 cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
112	D+L	0,23	0,03	OK	0,59	29	OK
112	D+0,7Ey	1,36	0,18	OK	3,47	29	OK
112	D+0,7Ex	1,36	0,18	OK	3,48	29	OK
112	D+0,75L+0,525 Ey	1,02	0,14	OK	2,61	29	OK
112	D+0,75L+0,525 Ex	1,09	0,15	OK	2,77	29	OK
112	D+0,75L	0,23	0,03	OK	0,58	29	OK
112	D	0,22	0,03	OK	0,55	29	OK
112	0,6D+0,7Ey	1,36	0,18	OK	3,47	29	OK
112	0,6D+0,7Ex	1,28	0,17	OK	3,26	29	OK

Tabel 4 77 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral PC 3

n	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	δ < 2,5 cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
39	D+L	1,10	0,15	OK	2,81	29	OK
39	D+0,7Ey	7,83	1,06	OK	19,96	29	OK
39	D+0,7Ex	8,55	1,16	OK	21,81	29	OK
39	D+0,75L+0,525 Ey	5,49	0,74	OK	14,00	29	OK
39	D+0,75L+0,525 Ex	6,62	0,90	OK	16,89	29	OK
39	D+0,75L	1,05	0,14	OK	2,68	29	OK
39	D	0,89	0,12	OK	2,28	29	OK
39	0,6D+0,7Ey	8,18	1,11	OK	20,87	29	OK
39	0,6D+0,7Ex	8,38	1,13	OK	21,37	29	OK

Tabel 4 78 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral PC 4

n	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	δ < 2,5 cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
9	D+L	1,09	0,15	OK	2,79	29	OK
9	D+0,7Ey	1,22	0,16	OK	3,10	29	OK
9	D+0,7Ex	0,95	0,13	OK	2,43	29	OK
9	D+0,75L+0,525 Ey	1,32	0,18	OK	3,37	29	OK
9	D+0,75L+0,525 Ex	1,12	0,15	OK	2,87	29	OK
9	D+0,75L	1,02	0,14	OK	2,61	29	OK
9	D	0,82	0,11	OK	2,09	29	OK
9	0,6D+0,7Ey	0,89	0,12	OK	2,27	29	OK
9	0,6D+0,7Ex	0,79	0,11	OK	2,02	29	OK

Tabel 4 79 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral PC 5

n	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	δ < 2,5 cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
18	D+L	0,91	0,12	OK	2,31	29	OK
18	D+0,7Ey	1,10	0,15	OK	2,79	29	OK
18	D+0,7Ex	0,93	0,13	OK	2,37	29	OK
18	D+0,75L+0,525 Ey	1,16	0,16	OK	2,97	29	OK
18	D+0,75L+0,525 Ex	0,96	0,13	OK	2,44	29	OK
18	D+0,75L	0,85	0,11	OK	2,16	29	OK
18	D	0,68	0,09	OK	1,72	29	OK
18	0,6D+0,7Ey	0,82	0,11	OK	2,10	29	OK
18	0,6D+0,7Ex	0,91	0,12	OK	2,33	29	OK

4.5.3 Desain Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data perancangan poer :

- $P_u = 889,576$ ton
 - P_{max} (1 tiang) = 99,8155 ton
 - Jumlah tiang pancang = 9 buah
 - Dimensi poer = $6 \times 6 \times 1$ m
 - Mutu beton (f_c') = 40 MPa
 - Mutu baja (f_y) = 400 MPa
 - Diameter tulangan = 29 mm
 - Selimut beton = 60 mm
 - λ = 1 (beton normal)
 - α_s = 20 (kolom sudut)
 - Tinggi efektif (d)
- $$d_x = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 925,5 \text{ mm}$$
- $$d_y = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 896,5 \text{ mm}$$

4.5.3.1 Kontrol Geser Pons

1. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Desain geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan SNI 2847:2012 pasal 11.11.2.1 nilai yang terkecil dari persamaan berikut :

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

dimana :

α_s = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
= 6000/6000 = 1

b_o = Keliling penampang kritis
= $2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$
= $2(1200 + 925,5) + 2(1200 + 925,5)$
= 8502 mm

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 8502 \times 925,5 \\ &= 25380355,18 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$=0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 925,5}{8502} + 2 \right) 1 \cdot \sqrt{40} \times 8502 \times 925,5 \\ =17253773,86 \text{ N}$$

$$V_{c3}=0,333\lambda\sqrt{f_c}\times b_o\times d \\ =0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 8502 \times 925,5 \\ =16571878,97 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $16571878,97 \text{ N} = 1657187,89 \text{ Kg}$

$$\phi V_c = 0,75 \times 1657187,89 = 1242890,923 \text{ kg} \\ = 1242,89 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 1242,89 \text{ ton} > P_u - P_{pile} \\ \phi V_c &= 1242,89 \text{ ton} > 889,576 - (99,8155 \times 1) \\ &= 1242,89 \text{ ton} > 789,76 \text{ ton} (\text{OK}) \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

2. Akibat Pancang

$$\beta = \text{ratio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\ = 6000/6000 = 1$$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 925,5)) \\ = 1198,607 \text{ mm}$$

$$V_{c1}=0,17\left(1+\frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f_c}\times b_o\times d \\ =0,17\left(1+\frac{2}{1}\right)1\cdot\sqrt{40}\times1198,607\times925,5 \\ =3578107,67 \text{ N}$$

$$V_{c2}=0,083\times\left(\frac{\alpha_s d}{b_o}+2\right)\lambda\sqrt{f_c}\times b_o\times d \\ =0,083\times\left(\frac{20 \cdot 925,5}{1198,607}+2\right)1\cdot\sqrt{40}\times1198,607\times925,5 \\ =10157356,04 \text{ N}$$

$$V_{c3}=0,333\lambda\sqrt{f_c}\times b_o\times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 1198,607 \times 925,5 \\
 &= 2336293,83 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 2336293,83 N = 233629,383 kg

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 233629,383 = 175222,037 \text{ Kg} \\
 &\quad = 175,222 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

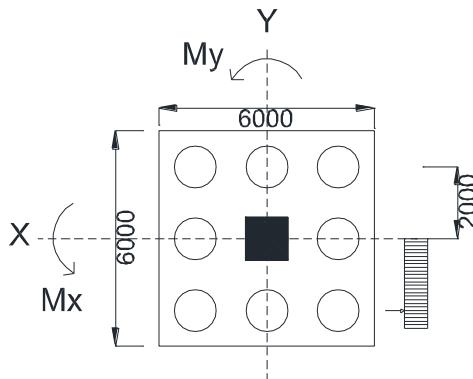
$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 175,222 \text{ ton} > P_{\max} \\
 &= 175,222 \text{ ton} > 99,815 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.5.3.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

1. Penulangan Arah X



Gambar 4 45 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 99.815 \text{ ton} \\
 P &= 3 \times 99,815 = 299,445 \text{ ton} \\
 q &= 6 \times 2,4 \times 1 = 14,4 \text{ ton/m} \\
 qu &= 14,4 \text{ ton/m} \times 1,2 = 17,28 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 Mu &= P_{\max} (a) - \frac{1}{2} qux \cdot L^2 \\
 &= (299,445 \times 2) - (\frac{1}{2} \times 17,28 \times 6)^2 \\
 &= 321,502 \text{ t.m} \\
 &= 3215018106 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 925,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 896,5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan $\rho_{\min} = 0,00395$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{3215018106}{6000 \times 925,5^2} = 0,6255$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,6255}{400}} \right) = 0,0015
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,00395$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$As = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,00395 \times 1000 \times 925,5 = 3658,395 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 (As = 660,7857 mm²)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3658,395}{660,7857} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tarik D29–150 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \frac{1000}{150} \\ &= 4405,24 \text{ mm}^2 > 3658,395 \text{ mm}^2 (\text{OK}) \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} As &= \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x \\ &= \frac{1}{2} \times 0,00395 \times 1000 \times 925,5 = 1829,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 (As = 380,133 mm²)

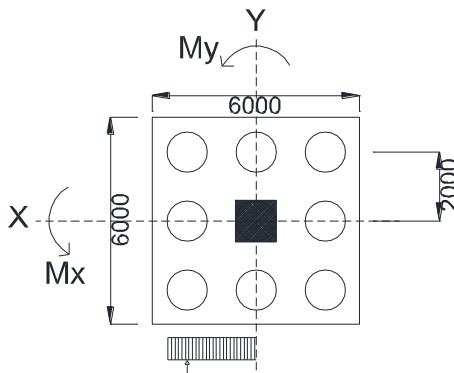
$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1829,18}{380,133} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan tekan D22–200 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \frac{1000}{200} \\ &= 1900,665 \text{ mm}^2 > 1829,18 \text{ mm}^2 (\text{OK}) \end{aligned}$$

2. Penulangan Arah Y



Gambar 4 46 Pembebanan Poer Kolom Tipe 2

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 99,815 \text{ ton} \\
 P &= 3 \times 99,815 = 299,445 \text{ ton} \\
 q &= 6 \times 2,4 \times 1 = 14,4 \text{ ton/m} \\
 qu &= 14,4 \text{ ton/m} \times 1,2 = 17,28 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 Mu &= P_{\max} (a) - \frac{1}{2} qux \cdot L^2 \\
 &= (299,445 \times 2) - (\frac{1}{2} \times 17,28 \times 6)^2 \\
 &= 321,502 \text{ t.m} \\
 &= 3215018106 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 925,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 896,5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan $\rho_{\min} = 0,00395$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{3215018106}{6000 \times 896,5^2} = 0,666$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,666}{400}} \right) = 0,00168
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,00395$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0,003295 \times 1000 \times 896,5 = 3543,73 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 (As = 660,7857 mm²)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3543,73}{660,7857} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–150 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \frac{1000}{150} \\ &= 4405,24 \text{ mm}^2 > 3543,73 \text{ mm}^2 (\text{OK}) \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} As &= \frac{1}{2} \times \rho \times b \times dy \\ &= \frac{1}{2} \times 0,003295 \times 1000 \times 896,5 = 1771,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 (As = 380,133 mm²)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1771,86}{380,133} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur tekan D22–200 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \frac{1000}{200} \\ &= 1900,665 \text{ mm}^2 > 1771,86 \text{ mm}^2 (\text{OK}) \end{aligned}$$

4.5.4 Perencanaan Sloof

Struktur sloof adalah elemen struktur yang terdapat pada bangunan gedung dan terletak di atas tanah yang berfungsi sebagai pengaku antara pondasi satu dengan yang lainnya, sehingga tingkat kekakuan dari struktur bawah meningkat. Sloof juga digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya.

Adapun beban-beban yang diterima sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom. Berikut ini adalah data desain sloof:

- Dimensi sloof :

b	= 300 mm
h	= 400 mm
Ag	= 120000 mm ²
- Mutu bahan:

f'c	= 40 MPa
fy	= 400 MPa
Selimut beton	= 40 mm
Tulangan utama	= D19
Tulangan Sengkang	= D13
d = 400-(40+13+½ 19)	= 337,5 mm

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah

Berat sendiri sloof

$$qu = 1,4 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 403,2 \text{ kg/m}$$

Panjang sloof = 5,974 m

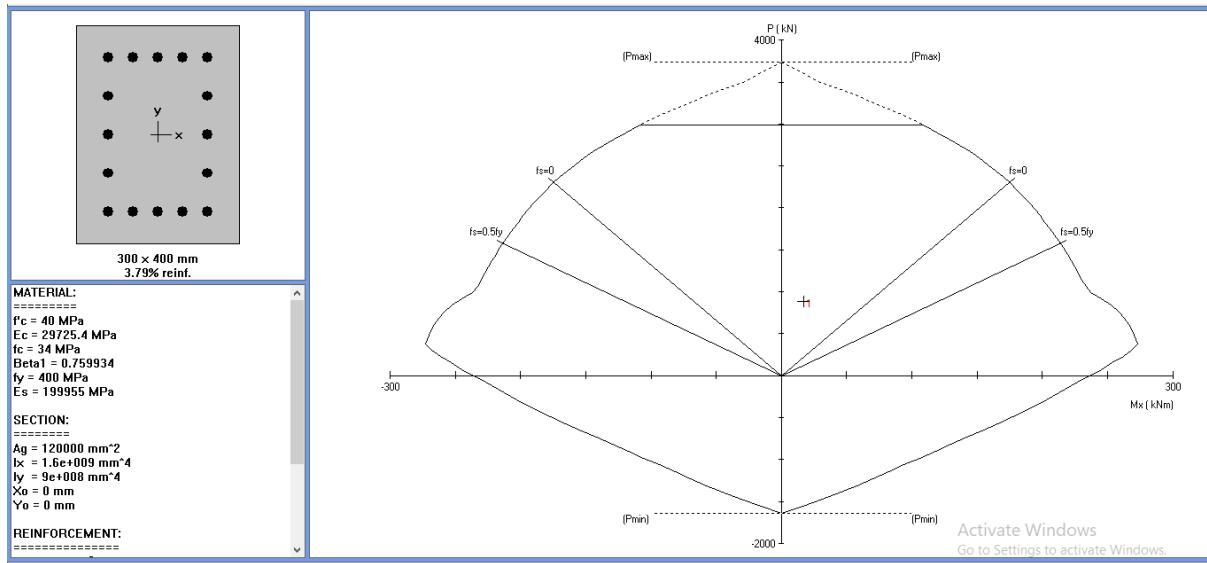
$$\begin{aligned} Mu_{tump} &= \frac{1}{8} qu \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 403,2 \times 5,974^2 \text{ kgm} \\ &= 1798,709 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban :

$$Pu = 8895,758 \text{ kN}$$

$$P = 10\% \ Pu = 10\% \times 8895,758 \text{ kN} = 889,575 \text{ kN}$$

$$M = 17,98 \text{ kNm}$$



Gambar 4 47 Diagram Interaksi P-M

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} q u \times L = \frac{1}{2} \times 403,2 \times 5,974 = 1204,36 \text{ kg}$$

$$= 12043,6 \text{ N}$$

$$d' = 400 - 40 - 13 - 19/2 = 337,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{b w \times d \times \sqrt{f_c'}}{6} = \frac{300 \times 337,5 \times \sqrt{40}}{6} = 106726,9 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 106726,9 \text{ N}$$

$\phi V_c > V_u$ (tulangan geser tidak diperlukan)

Jadi dipasang tulangan geser min

$S_{\text{maks}} = d/2$ atau 300 mm

$$d/2 = 337,5/2 = 168,75 \text{ mm}$$

$$A_{\text{v min}} = \frac{b w \times s}{3 f_y} = \frac{300 \times 168,75}{3 \times 400} = 42,1875 \text{ mm}^2$$

Dipasang Sengkang 2D10-150 mm

BAB V

RINGKASAN DAN SARAN

5.1 Ringkasan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Desain Apartement One East menggunakan sistem *Flat Slab* ini dapat diambil beberapa ringkasan, diantaranya sebagai berikut :

1. Desain gedung ini memiliki dimensi struktur baik struktur sekunder maupun struktur utama ialah sebagai berikut:

Struktur Sekunder:

- Pelat Tangga : 15 cm
- Balok Bordes : 20/30 cm
- Balok Penggantung Lift : WF 350 x 175 x 7 x 11

Struktur Utama:

- Pelat : 250 mm
- Balok tepi : 35/55 cm
- Kolom:
 - Groundfloor – Lt 3 : 1,2 m x 1,2 m
 - Lantai 4 – 8 : 1 m x 1 m
 - Lantai 9 – 13 : 0,8 m x 0,8 m
 - Lantai 14 – Atap : 0,6 m x 0,6 m
- Shear Wall
 - Arah x : 50 cm
 - Arah y : 50 cm
- Pondasi:
 - Pile Cap Tipe 1 : 16 x 4 x 1 m
 - Pile Cap Tipe 2 : 32 x 14 x 1 m
 - Pile Cap Tipe 3 : 16 x 16 x 1 m
 - Pile Cap Tipe 4 : 6 x 6 x 1 m

- Pile Cap Tipe 5 : 12 x 6 x 1 m
 - Total Tiang Pancang: (*Prestressed Concrete Spun Piles* oleh PT. Wijaya Karya Beton) adalah 381 tiang.
 - Pile Cap Tipe 1 : 35 buah
 - Pile Cap Tipe 2 : 112 buah
 - Pile Cap Tipe 3 : 39 buah
 - Pile Cap Tipe 4 : 9 buah
 - Pile Cap Tipe 5 : 18 buah
2. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS.
 3. Studi Desain menggunakan sistem *Flat Slab* dengan membuat variasi terhadap tebal pelat menunjukan bahwa biaya pembuatan Option 1 (t pelat=350 mm, t drop panel =100 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp74.553.887 dan biaya pembuatan Option 2 (t pelat=250 mm, t drop panel =200 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp66.499.595. Sehingga dalam pembuatannya Option 2 dapat menghemat biaya pembuatan pelat sebesar 10,803%.
 4. Penggunaan sistem *Flat Slab* efisien terhadap waktu dalam pelaksanaannya karena tidak memerlukan bekisting balok dan tulangan pelat dapat menggunakan tulangan fabrikasi.
 5. Perhitungan gaya gempa pada Desain Gedung Apartement One East menggunakan analisa respon spektrum di daerah Surabaya, sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012.
 6. Desain struktur beton bertulang menggunakan peraturan SNI 2847:2013, dengan sistem gedung yang digunakan adalah Sistem Rangka Gedung.

7. Pondasi direncanakan dengan pondasi dalam tiang pancang sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan menerima beban melalui poer.
8. Hasil analisa struktur telah dilakukan pada Desain Apartement One East dituangkan pada gambar teknik pada lampiran.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini diantaranya :

1. Desain gedung yang dilakukan harus pada zona gempa yang sebenarnya agar ketepatan perhitungan dalam Desain lebih efisien dan efektif.
2. Data tanah yang dimiliki sebaiknya harus ada di setiap titik dari tiang pancang agar Desain bisa lebih efektif.
3. Pada Desain bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar, dan sesuai dengan Desain.
4. Pengembangan pada teknologi beton pratekan perlu dilakukan peningkatan, agar lebih mudah dalam penggerjaannya, dikarenakan penggunaan pratekan dapat membuat fungsi ruang pada gedung semakin efisien.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- ACI. ACI 318-11 *Building Code Requirements for Structural Concrete.* U.S.A : American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1726:2012 Tata Cara Desain Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 2847:2013 Tata Cara Desain Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebatan Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. **Peraturan Pembebatan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG).** Jakarta, Indonesia
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI).** Jakarta, Indonesia
- Deshmukh C. M. et. al, 2016. **Perilaku Bangunan Slab Bertingkat dengan Dinding Geser.** *Journal of Engineering Research and Application.* Vol 6.
- Jadhav H.S dan Walvekari Anuja, 2015. **Studi Parametrik Bangunan Gedung Flat Slab dengan dan Tanpa Dinding Geser untuk Kinerja Seismik.** *International Journal of Research in Engineering and Technology.*

Kumar A.D dan Srinivasulu P, 2015. **Karakteristik Struktur Flat Slab RCC terhadap Gempa Bumi.** India : Vijayawada.

Sawant V.S dan More R.S, 2013. **Analisis sistem struktur Flat Slab.** International Journal of Science and Research (IJSR).

Umesh, et.al, 2014. **Studi Perbandingan sistem struktur Flat Slab dan sistem konvensional dengan menggunakan ETABS pada zona gempa yang berbeda di India.** International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Vol 02.

Winaya Amrita, et.al, 2016. **Studi Perbandingan Pelat Berusuk Dua Arah (Waffle Slab) Dan Pelat Konvensional.** Jurnal IPTEK Vol.20 No.1.

LAMPIRAN

Lampiran 1

(Data Tanah)

PT. Investasi Hasil Sejahtera

LAPORAN HASIL PENYELIDIKAN TANAH

APARTEMEN KERTAJAYA

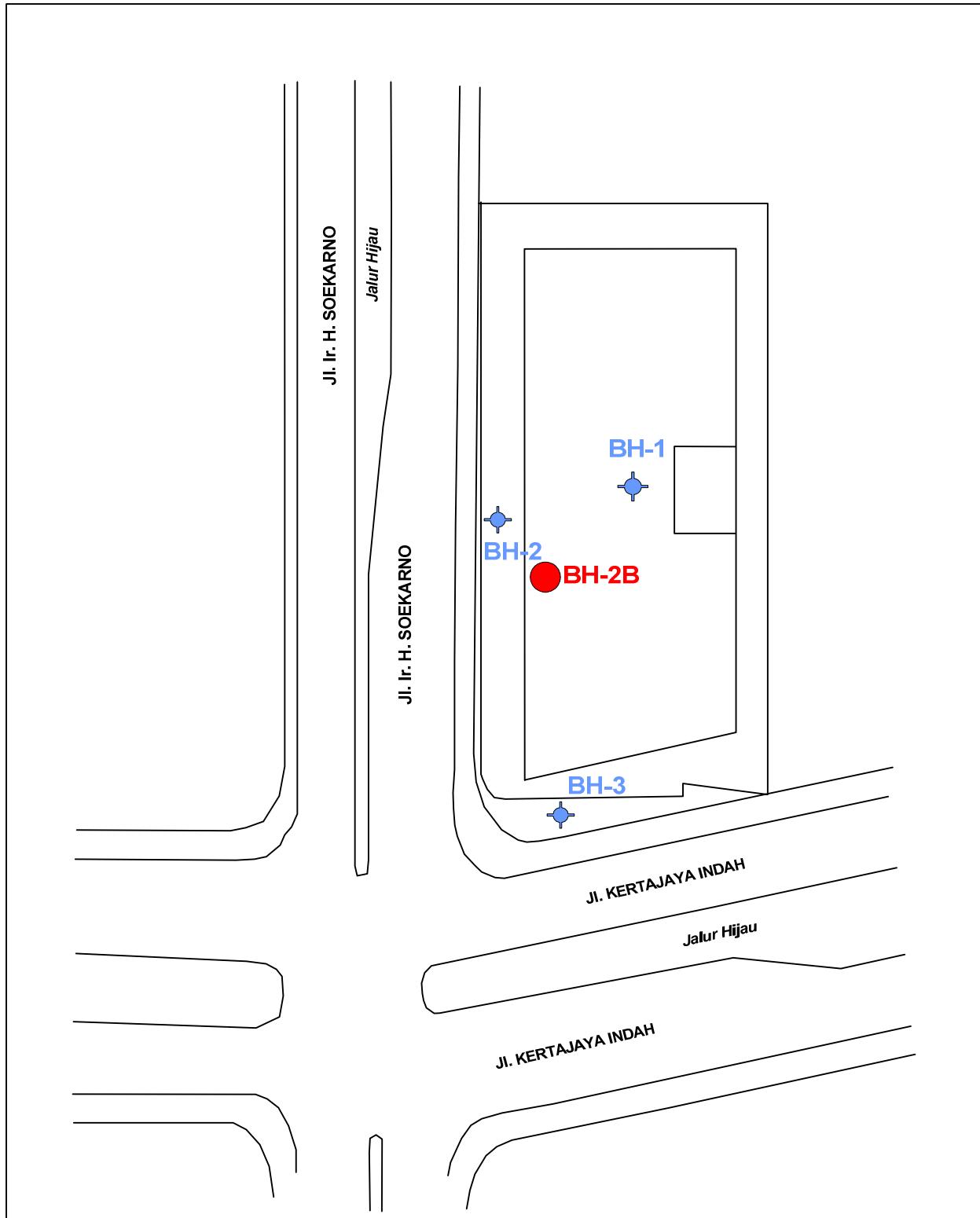
KERTAJAYA, SURABAYA

REPORT

30 APRIL 2013



Ruko Kebon Jeruk Business Park
Jl. Raya Meruya Ilir No. 88 Blok E1/7
Jakarta, 11620
Telp. +62 (21) 58902063
Fax. +62 (21) 58902064
Testana_indoteknika@yahoo.com



DRILLING LOG

HOLE NO : BH-2B.

PROJECT : Apartemen.
LOCATION : Kertajaya, Surabaya.

DEPTH : 60.00 m.
COORDINATE :

GWL : - 1.50m.
Drill Master : Choirul.

DEPTH (m)	DATE	SOIL / ROCK		SAMPLE DEPTH (m)	SPT				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS						γ_t t/m ³	Gs	e _o	
		SYMBOL	DESCRIPTION		N	0	20	40	60	TYPE	C kg/cm ²	ϕ^0	q _u	0	20	40	60	80	100		
1	15-17 April 2013		Sand, coarse grained, with some of angular gravel, dense	1.00 1.45	17 15	25 15			42												
2																					
3			Sand, with a trace of clay, dark grey, fine grained, loose	3.00 3.45	1 15	1 15	2														
4																					
5			Sandy clay, dark grey, fine grained sand, very soft consistency	5.00 5.45	1 15	1 15	2														
6																					
7				7.00 7.45	1 30		1														
8																					
9			Silty clay, with a trace of shell fragments, dark grey, very soft consistency	9.00 9.45	1 30		1														
10																					
11			Sand, with a trace of shell fragments, dark grey, coarse grained, loose	11.00 11.45	1 15	2 15	3														
12																					
13			Silty clay, light brown, very stiff consistency	13.00 13.45	7 15	9 15		16													
14																					
15				15.00 15.45	8 15	11 15		19													
16																					
17			Silty clay, dark grey, very stiff consistency	17.00 17.45	8 15	10 15		18													
18																					
19				19.00 19.45	7 15	9 15		16													
20																					

REMARKS : 0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND



● WATER CONTENT, %
○ PLASTIC LIMIT, %
△ LIQUID LIMIT, %



TESTANA
INDOTEKNIKA
Soil Investigation and Foundation Engineering

DRILLING LOG

HOLE NO : BH-2B.

PROJECT : Apartemen.
LOCATION : Kertajaya, Surabaya.

DEPTH : 60.00 m.
COORDINATE :

GWL : - 1.50m.
Drill Master : Nono.

DEPTH (m)	DATE	SOIL / ROCK	SAMPLE DEPTH (m)	SPT				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS						γ_t t/m ³	Gs	e _o	
				N	0	20	40	60	TYPE	C kg/cm ²	ϕ^0	q _u	0	20	40	60	80	100		
-21																				
-22																				
-23																				
-24																				
-25																				
-26																				
-27																				
-28																				
-29	17-19 April 2013																			
-30																				
-31																				
-32																				
-33																				
-34																				
-35																				
-36																				
-37	CH																			
-38	MH																			
-39																				
-40																				

REMARKS : 0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND

UDS

CORE

● WATER CONTENT, %
○ PLASTIC LIMIT, %
△ LIQUID LIMIT, %

 TESTANA
INDOTEKNIKA
Soil Investigation and Foundation Engineering

DRILLING LOG

HOLE NO : BH-2B.

PROJECT : Apartemen.
LOCATION : Kertajaya, Surabaya.

DEPTH : 60.00 m.
COORDINATE :

GWL : - 1.50m.
Drill Master : Nono.

DEPTH (m)	DATE	SOIL / ROCK		SAMPLE DEPTH (m)	SPT				STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS						γ_t t/m ³	Gs					
		SYMBOL	DESCRIPTION		N	0	20	40	60	TYPE	C kg/cm ²	ϕ^0	q _u	0	20	40	60	80	100						
41	19-21 April 2013	CH - MH	Clayey silt, light brownish grey, very stiff to hard consistency	41.00	15	18				UU	0.75	22								1.69	2.63	1.26			
42				41.45	15	15																			
43				43.00	17	20				UU	2.25	4									1.68	2.66	1.68		
44				43.45	15	15																			
45				45.00	12	15				UU	1.95	5									1.63	2.67	1.42		
46				45.45	15	15																			
47				47.00	10	14				UU	1.60	7									1.68	2.66	1.26		
48				47.45	15	15																			
49				49.00	14	17				UU	0.32	12									1.71	2.66	1.36		
50				49.45	15	15																			
51	CH - MH		Clayey silt, with a trace to a little of fine grained sand, dark grey, very stiff to hard consistency	51.00	22	28																2.72			
52				51.45	15	15																			
53				53.00	18	20				UU	3.00	10													
54				53.45	15	15																			
55				55.00	17	26																			
56				55.45	15	15																			
57				57.00	18	27				UU	3.50	12									1.77	2.64	1.31		
58				57.45	15	15																			
59				59.00	16	28																			
60				59.45	15	15																			
End Of Drilling																									
REMARK : 0 TO 10 % : TRACE 10 TO 20 % : LITTLE 20 TO 35 % : SOME 35 TO 50 % : AND										UDS	● WATER CONTENT, % ○ PLASTIC LIMIT, % △ LIQUID LIMIT, %				 TESTANA INDOTEKNIKA Soil Investigation and Foundation Engineering										
										CORE															

Lampiran 2
(Brosur Tiang Pancang)

BROCHURE

THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



WiKA BETON

Innovation and Trust



WiKA KOBE

**WiKA KRAKATAU
BETON**

WiKA CLT

PT CITRA LAUTAN TEDUH





VISI

MENJADI PERUSAHAAN TERKEMUKA
DALAM BIDANG *ENGINEERING,*
PRODUCTION, INSTALLATION (EPI)
INDUSTRI BETON DI ASIA TENGGARA

MISI

1. Menyediakan produk dan jasa yang berdaya saing dan memenuhi harapan Pelanggan.
2. Memberikan nilai lebih melalui proses bisnis yang sesuai dengan persyaratan dan harapan Pemangku Kepentingan.
3. Menjalankan sistem manajemen dan teknologi yang tepat guna, untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi mutu, keselamatan dan kesehatan kerja, yang berwawasan lingkungan.
4. Tumbuh dan berkembang bersama mitra kerja secara sehat dan berkesinambungan.
5. Mengembangkan kompetensi dan kesejahteraan Pegawai.

PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving :Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

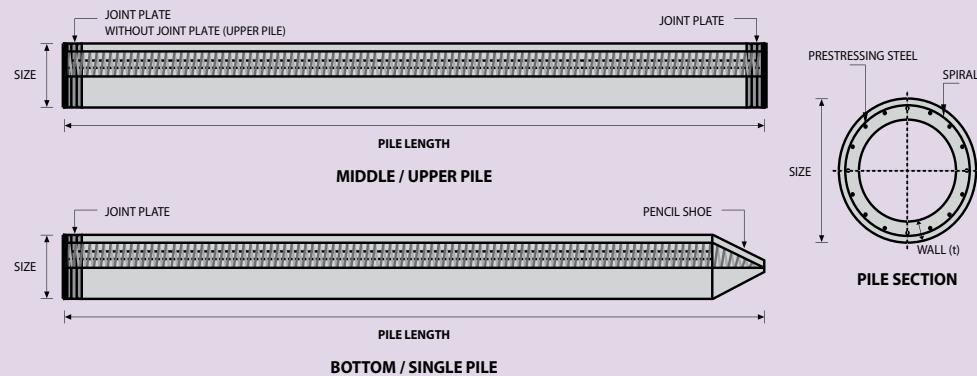
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
Manufacturing	SNI 2847 - 2013 WB - PRD - PS - 16	Indonesian Standard Code for Concrete Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t) (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
						3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
						3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
						4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
						4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
						5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
						6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
						6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
						7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
						9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
						8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
						10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
						11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
						12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
						12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
						14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
						15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
						17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
						19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
						22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
						25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
						29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
						46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
						51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
						55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
						65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
						82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
						93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
						105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
						120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
						130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
						145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
						170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
						200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Lampiran 3

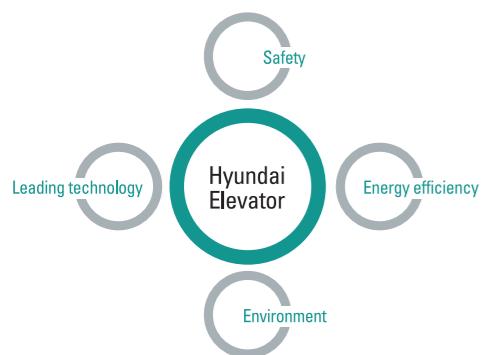
(Brosur Lift)



Moving solutions with safety, reliability and efficiency

PASSENGER ELEVATORS

▲ HYUNDAI ELEVATOR



Since the 1984 founding of South Korea, Hyundai Elevator, an affiliate of Hyundai Business Group, with leading technology has grown up to Korea No. 1 elevator company. Now Hyundai Elevator is roaring towards to top of the world. We value the safety, energy efficiency, and environment-friendly features of the highest standard for all products made by Hyundai Elevator.



Trusted quality

We export products to 50 countries like Japan, Europe, East / West Asia, the Middle East and are recognized for excellence in quality.

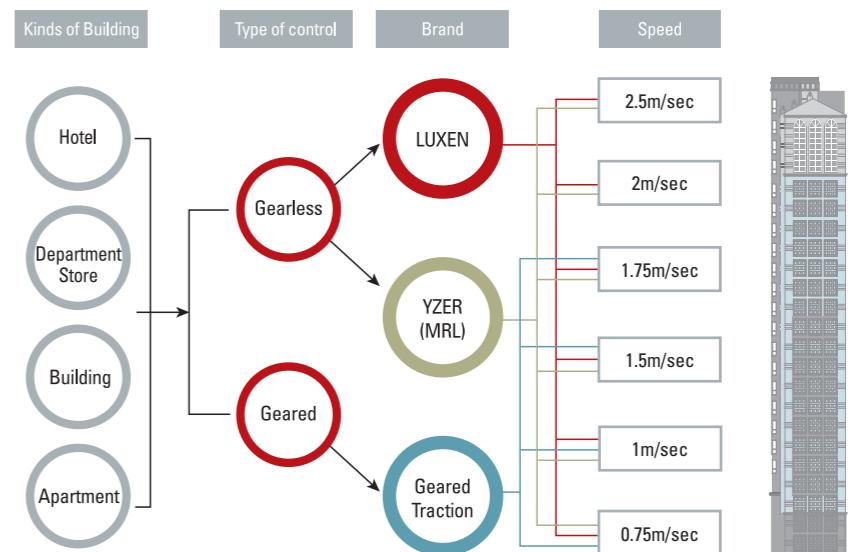
Refined design

Refined design to give consideration to health and the environment adds new value to the elevator.

[Selection of passenger elevator system]

The selection of elevators should be made in consideration of the building type/scale, tenant characteristics, elevator usage and the anticipated passenger carrying capacity at the building's traffic peak time.

Hyundai elevators are available from geared traction elevator to gearless traction elevators, covering the full range of vertical transportation requirements.

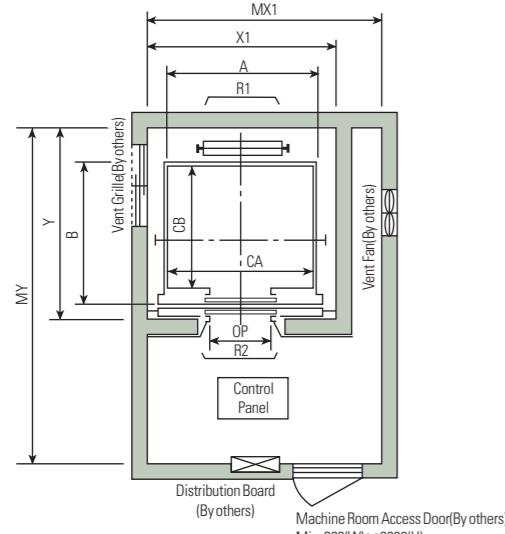


Contents

- 01 Reliable Brand Gearless Traction Machine • 04 / LUXEN • 06 / YZER • 08 / Geared Traction Elevators • 24
- 02 Design Car Design • 12 / Ceiling Design • 17 / Signal Fixtures • 18 / Material Patterns • 20 / Disabled Elevators • 23 / Standard & Optional Features • 24
- Layout Plan • 26 / Typical Entrance Layouts • 36 / Works To Be Done By Other Contractors • 39 / Electric Power Requirements (By others) • 40

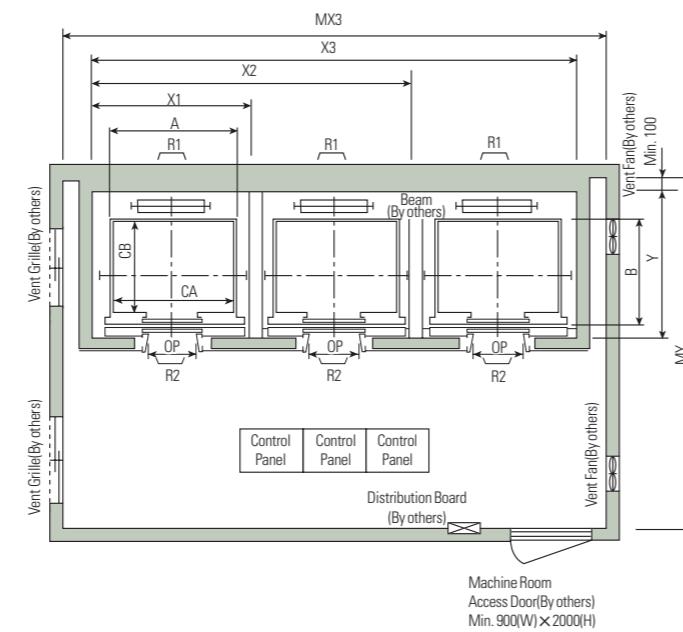
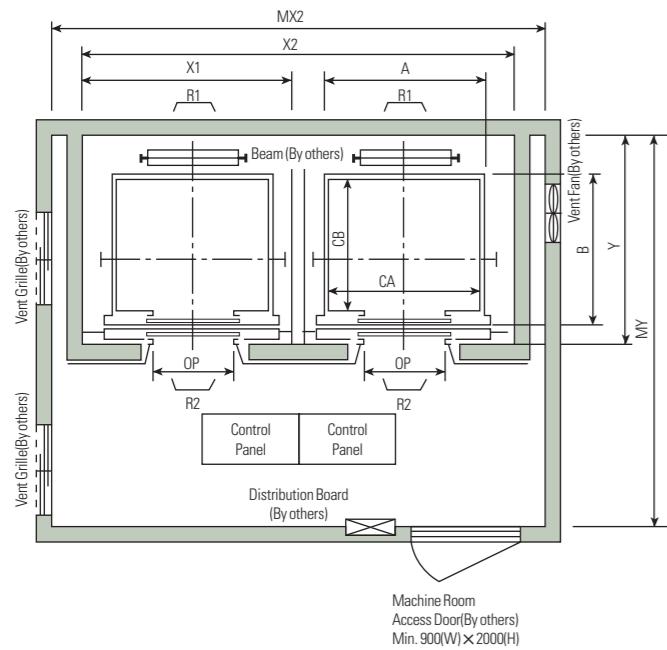
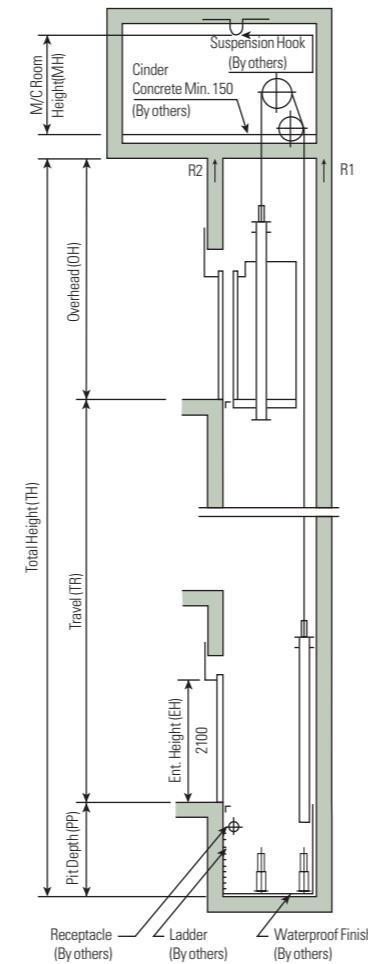
Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



Note: Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner(if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2	R3
1.0	6	450	800	1400×850	1460×1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300
	8	550	800	1400×1030	1460×1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700
	9	600	800	1400×1100	1460×1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	1400×1250	1460×1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	1400×1350	1460×1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
	13	900	900	1600×1350	1660×1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100
1.5	15	1000	900	1600×1500	1660×1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400
	17	1150	1000	1800×1500	1900×1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500
		1100	2000×1350	2100×1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800					
	20	1350	1000	1800×1700	1900×1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100
		1100	2000×1500	2100×1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000					
1.75	24	1600	1100	2000×1750	2100×1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900
			2150×1600	2250×1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200					

Notes : 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
 2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
 3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
 4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1.0	4200	1400	2200
1.5	4400	1600	2400
1.75	4600	1800	2400

Notes : 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
 2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
 3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

Lampiran 4
(Brosur Tusuk Konde)



ICP PILES

HIGH PERFORMANCE

PRETENSIONED SPUN HIGH STRENGTH
CONCRETE PILES



CERTIFIED TO ISO 9001:2008
CERT. NO.: AR0122



MS 1314-PL 4/2004
IKRAM-A004-C0103-N3000



MS 1314-PL 4/2004
IKRAM-A004-C0103-N3000



SS EN 206-1:2009:
SS 544; Part 1 & 2: 2009
SAC CT 06/2011
Cert. No. GI/C/8809

INTRODUCTION

INDUSTRIAL CONCRETE PRODUCTS SDN BHD (ICP) is the first commercial manufacturer of PRETENSIONED SPUN CONCRETE PILES (ICP PC PILES) in Malaysia. Presently, ICP is the largest manufacturer in South East Asia.

The Company was incorporated in Malaysia on 6 April 1977 and commenced business in September 1977.

In September 1993, ICP started manufacturing HIGH PERFORMANCE Pretensioned Spun High Strength Concrete Piles (ICP PHC PILES) which offers an economical foundation system with consistent and superior quality compared to the ordinary concrete piles. With the vast experience in the manufacturing of pretensioned spun concrete piles and utilising the latest concrete technology, ICP is the market leader in concrete piles. ICP has recently introduced higher grade piles of Grade 90 into the market in 2011.

ICP Piles are circular in cross-section and are manufactured in sizes ranging from diameter 250mm to 1,200mm with standard lengths varying from 6m to 46m in single pieces. For the large diameter piles, ICP has pile joining facilities which are able to pre-join the piles up to 66m. This shall provide good quality welding and most importantly expedite the piling progress at site.

ICP Piles have been used extensively as foundation piles for power stations, highrise buildings, civil engineering works, bridges, marine structures, harbours, schools and government projects, etc.

ICP Piles are exported to Brunei, Singapore, Bangladesh, Sri Lanka, the Middle East, Indonesia, Pakistan, Philippines, Vietnam, Myanmar, USA, Canada, New Zealand, Maldives and Samoa. ICP Piles are also supplied to many projects in Southern China from our plant in Jiangmen, China.

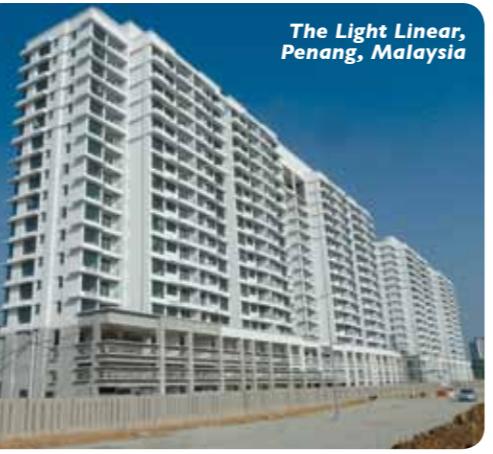
West Port, Port Klang, Selangor, Malaysia



Tg Bin Power Plant, Johor, Malaysia



The Light Linear, Penang, Malaysia



Megayard Project, Tuas, Singapore



OMA I, Commercial cum Residential Complex, Vancouver, Canada



STANDARDS

ICP PHC Piles comply with MS 1314:Part 4:2004 and also generally comply with JIS A 5337:1987. ICP PHC Piles are modified to suit BS 8004:1986 – Foundations and BS 8110:1997 – Structural Use of Concrete. Concrete complies with SS EN 206-1:2009 - specification of concrete.



MATERIALS

Aggregates – Coarse aggregates shall be 20mm granite. Fine aggregates shall be clean river sand or washed mining sand.

Cement – Portland cement comply with MS 522:2007.

Prestressing Steel – High frequency induction heat treated bars manufactured to JIS G 3137:1994 or equivalent.

Spiral Wire – Hard drawn wire.

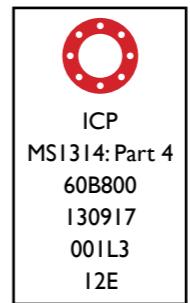
CONCRETE STRENGTH

Minimum concrete cube strength:

at transfer of prestress	30 N/mm ²
at 28 days - Grade 80 pile	80 N/mm ²
- Grade 90 pile	90 N/mm ²

IDENTIFICATION

All ICP PHC Piles have the typical markings as follows:



Logo as Trademark
Company's Initial
MS1314: Part 4
60B800
130917
001L3
12E
Date of Cast (yy/mm/dd)
Serial No & Factory Code
Pile Length and Type

Logo as Trademark

Other markings if used, S for Starter (flat shoe or X-pointed shoe)

STANDARD LENGTHS

ICP PHC Piles are available in lengths of 6m to 46m subject to certain limitations.

DELIVERY

ICP Standard Piles are normally available ex-stock. Custom made piles usually takes two to three weeks from date of confirmed order.

TECHNICAL DATA

Technical data of our standard piles are given in the tables on the next page. Please note that the axial loads represent the structural capacities of the piles. Actual working load will depend on the soil conditions and the pile slenderness ratio. Appropriate reduction of axial loads should be applied for

- a) marine structures;
- b) piles subjected to bending;
- c) high upstand;
- d) piles driven through very poor top stratum;
- e) raking piles, etc.

PILE SHOE

All ICP PHC Piles will be supplied either open ended, with a flat shoe or with an X-pointed shoe.

CURING

After casting, the piles are steam cured. When the concrete reaches the specified transfer strength, the piles are demoulded, marked and checked for quality. The piles can normally be transported and driven after three days from the date of casting, or when the cube strength reaches 70 N/mm².

DEFINITIONS

ICP PHC Piles: High Performance Prestressed Spun High Strength Concrete Piles

MS: Malaysian Standard

JIS: Japanese Industrial Standard

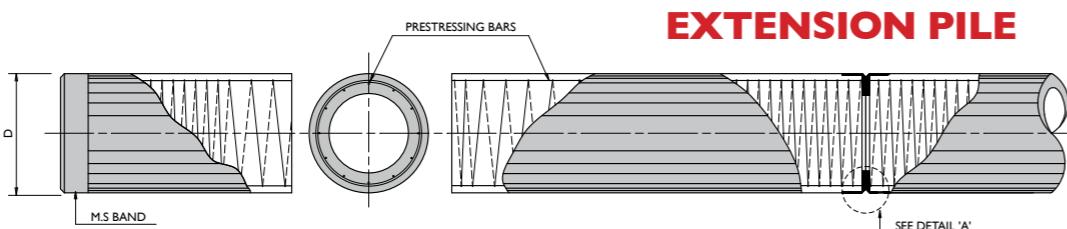
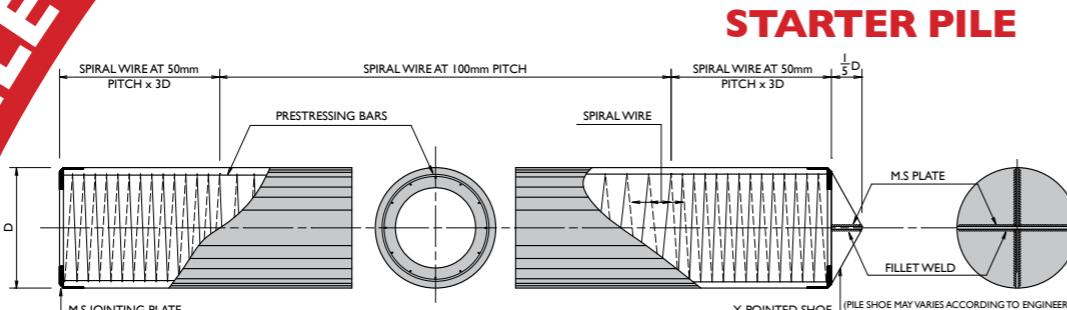
BS: British Standard

SS EN: Singapore Standard

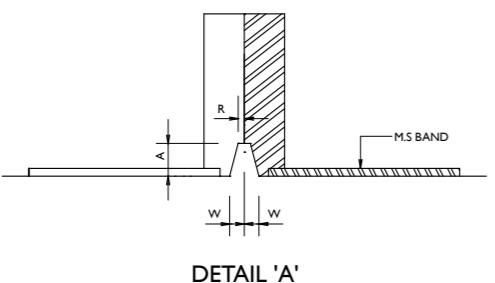
GENERAL SPECIFICATION

SECTIONAL DETAILS & BONDING INTO PILE CAP

SECTIONAL DETAILS OF ICP PILES



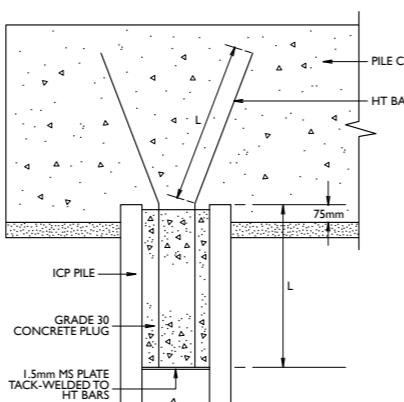
JOINT WELDING DETAILS



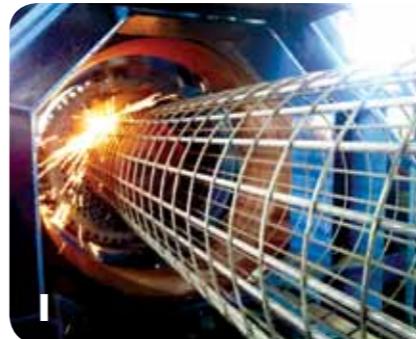
Dia Of Pile mm	Throat Thickness A mm	W mm	Root R mm
250	8.5	4.0	2.0
300	8.5	4.0	2.0
350	8.5	4.0	2.0
400	10	4.5	2.0
450	10	4.5	2.0
500	12	5.0	2.0
600	12	5.0	2.0
700	14	6.0	2.0
800	14	6.0	2.0
900	14	6.0	2.0
1000	14	6.0	2.0
1200	14	6.0	2.0

BONDING ICP PILES INTO PILE CAP

Dia Of Pile mm	HT Bars		
	Quantity	Dia.	L
250	4	12	500
300	4	12	500
350	5	12	550
400	5	12	700
450	5	16	800
500	6	16	900
600	8	16	1000
700	8	20	1200
800	8	20	1400
900	10	25	1500
1000	12	25	1500
1200	20	25	2000



As the PC bars are bonded with concrete, ICP Piles may be cut off at any point. The piles need not be stripped down to expose the bars and can be bonded to the pile cap as shown in the above sketch. If the piles are not subjected to tensile loads, the recommended H.T. bars are considered adequate.



CAGE MAKING/ MOULD SETTING

PC bars in coil form are straightened and cut to correct lengths. The ends are warm-headed to form button heads. The bars are passed through the cage forming machine where spiral wire is automatically spot-welded at the correct spacings. End plates are fitted to the cage. The whole cage is then placed onto the bottom half mould.



STRESSING

The PC bars are stressed against the mould through a central shaft and stressing plate. The stressing is being carried out in a single operation. This ensures uniformity of stress in all the PC bars and hence straightness of the pile.



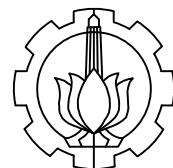
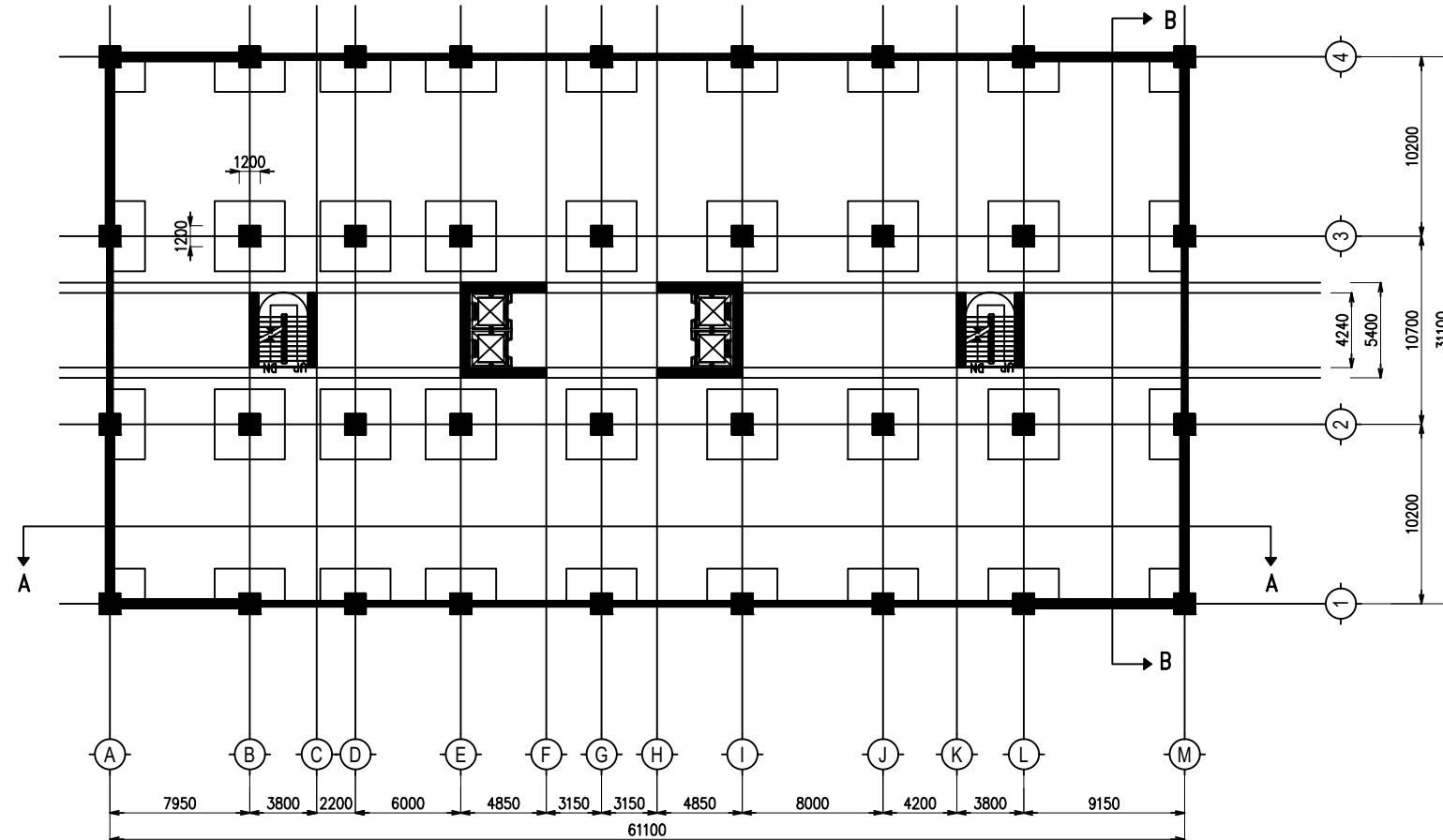
DEMOULDING

After demoulding, final QC inspection is carried out according to the specification.

STEAM CURING

The pile is sent to the steam tank for rapid curing process in order to achieve the required transfer strength for early demoulding.

MANUFACTURING PROCESS



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas
Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar
Tipikal
Denah Lantai

Skala
1 : 400

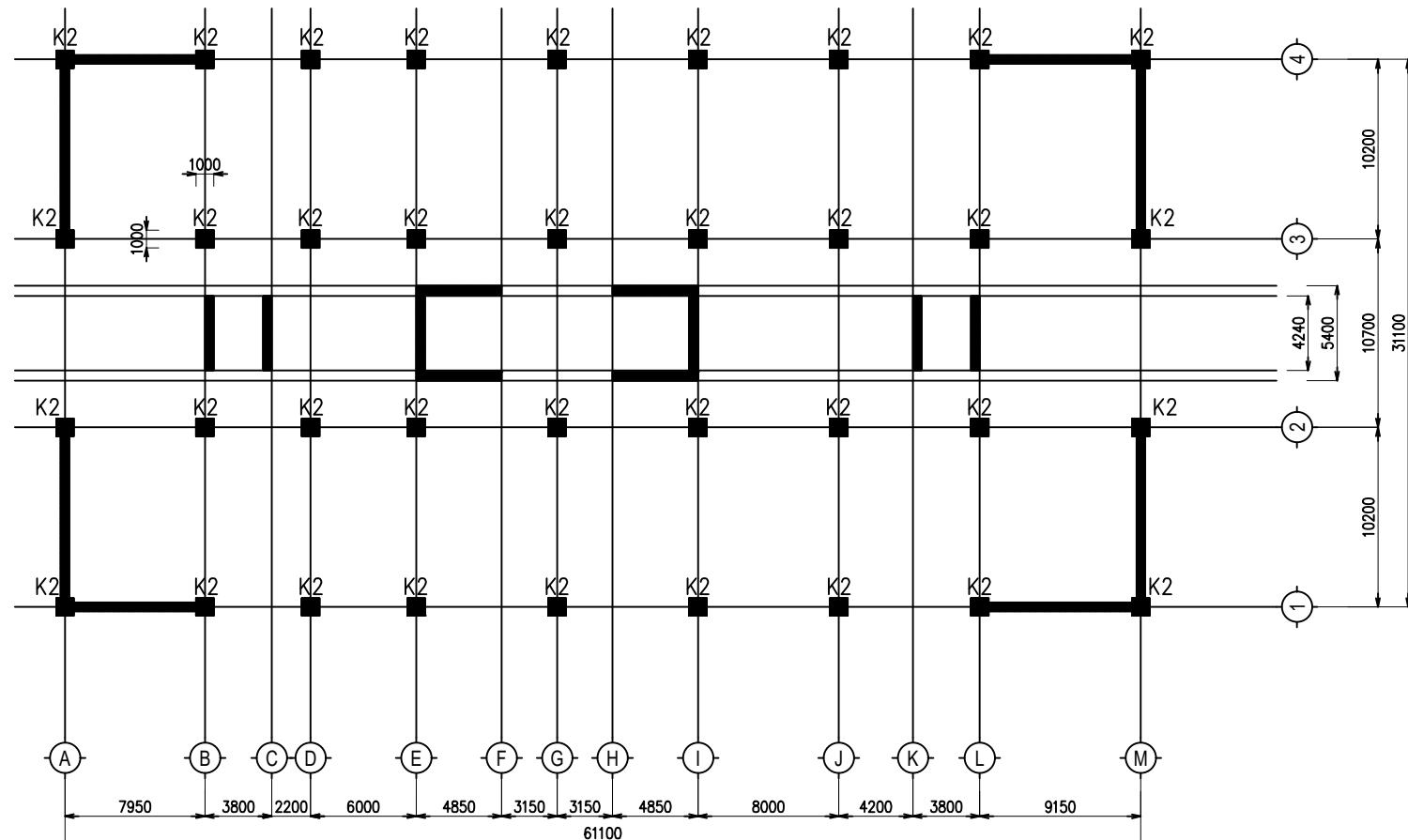
No. Lembar
1

Jml. Lembar
29

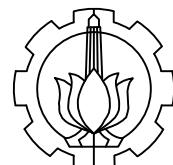
Dosen Konsultasi
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

Nama & NRP Mahasiswa
Firly Ayu Agus Dian
03111440000035

UKURAN KOLOM		
K1	Lantai GF - Lantai 3	1200 X 1200
K2	Lantai 4 - Lantai 8	1000 X 1000
K3	Lantai 9 - Lantai 13	800 X 800
K4	Lantai 14 - Lantai Atap	600 X 600



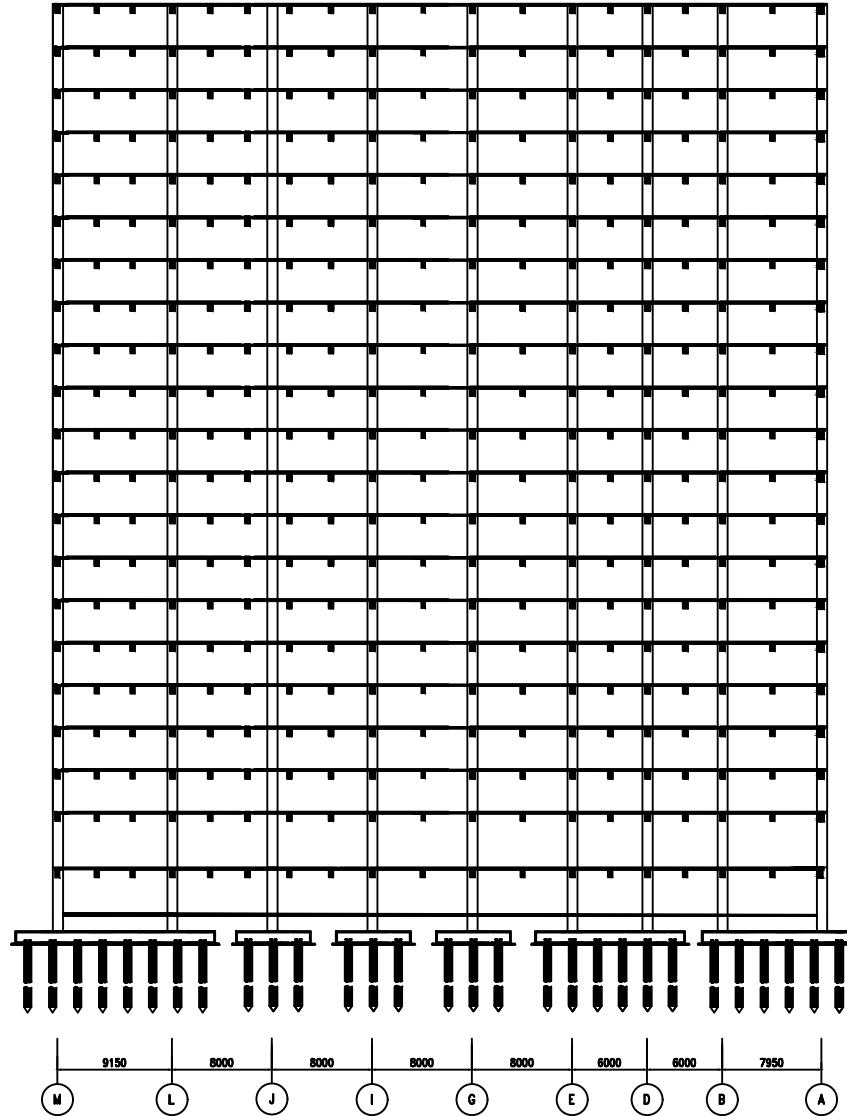
 DENAH KOLOM & SHEARWALL
SKALA 1 : 400



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Denah Kolom & Shearwall	1 : 400	2	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

ROOF FLOOR	+69.100
19TH FLOOR	+65.700
18TH FLOOR	+62.300
17TH FLOOR	+58.900
16TH FLOOR	+55.500
15TH FLOOR	+52.100
14TH FLOOR	+48.700
13TH FLOOR	+45.300
12TH FLOOR	+41.900
11TH FLOOR	+38.500
10TH FLOOR	+35.100
9TH FLOOR	+31.700
8TH FLOOR	+28.300
7TH FLOOR	+24.900
6TH FLOOR	+21.500
5TH FLOOR	+18.100
4TH FLOOR	+14.700
3RD FLOOR	+11.300
2ND FLOOR	+7.900
1ST FLOOR	+4.500
GROUND FLOOR	± 0.000
BASEMENT 1A FLOOR	-4.000



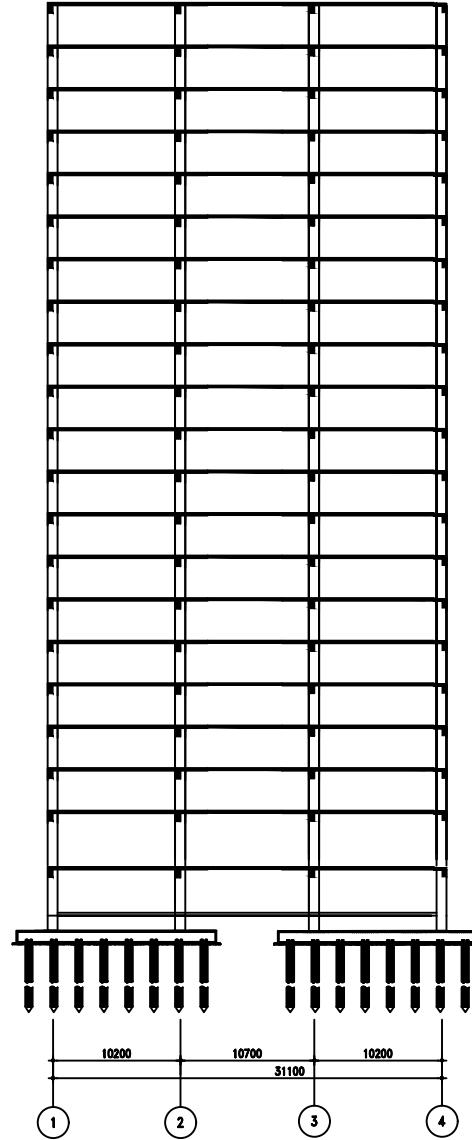
POTONGAN MEMANJANG EKSISTING
SKALA 1 : 600



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Potongan Memanjang Eksisting	1 : 600	3	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 3114100035

ROOF FLOOR	+69.100
19TH FLOOR	+65.700
18TH FLOOR	+62.300
17TH FLOOR	+58.900
16TH FLOOR	+55.500
15TH FLOOR	+52.100
14TH FLOOR	+48.700
13TH FLOOR	+45.300
12TH FLOOR	+41.900
11TH FLOOR	+38.500
10TH FLOOR	+35.100
9TH FLOOR	+31.700
8TH FLOOR	+28.300
7TH FLOOR	+24.900
6TH FLOOR	+21.500
5TH FLOOR	+18.100
4TH FLOOR	+14.700
3RD FLOOR	+11.300
2ND FLOOR	+7.900
1ST FLOOR	+4.500
GROUND FLOOR	± 0.000
BASEMENT 1A FLOOR	-4.000



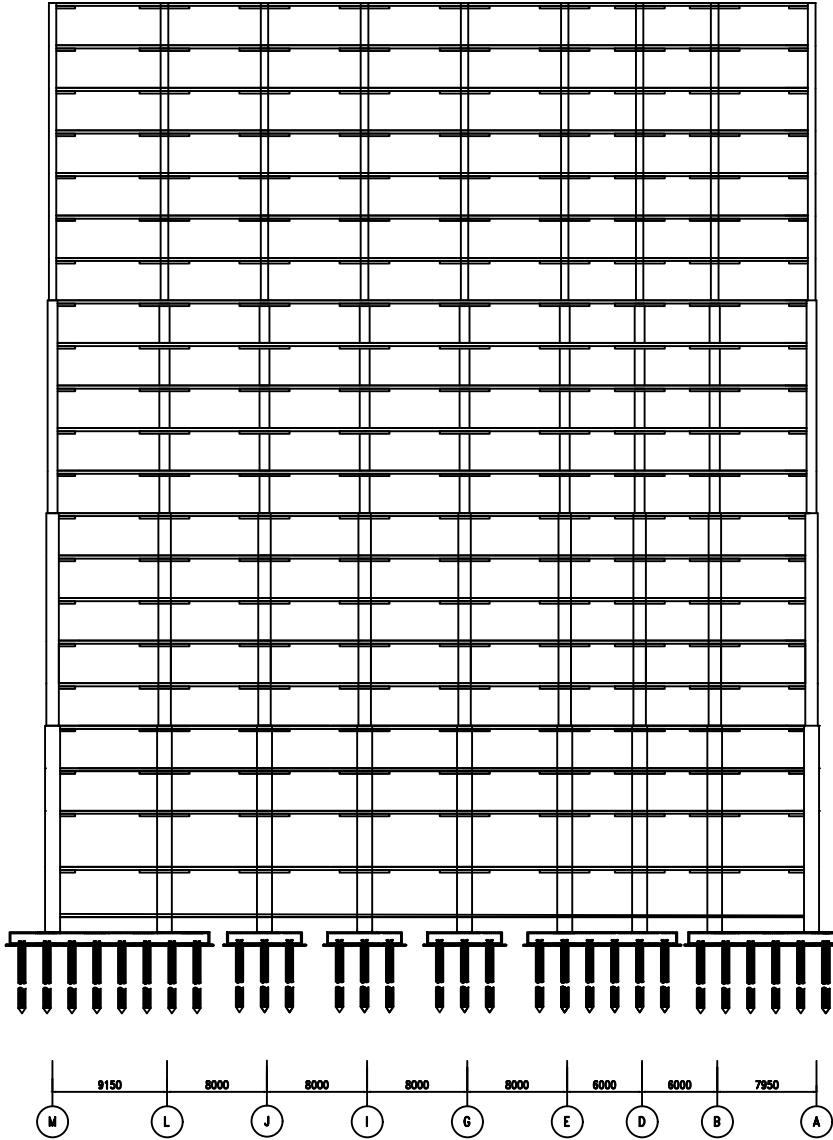
POTONGAN MELINTANG EKSISTING
SKALA 1 : 600



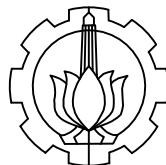
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Potongan Melintang Eksisting	1 : 600	4	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 3114100035

ROOF FLOOR	+69.100
19TH FLOOR	+65.700
18TH FLOOR	+62.300
17TH FLOOR	+58.900
16TH FLOOR	+55.500
15TH FLOOR	+52.100
14TH FLOOR	+48.700
13TH FLOOR	+45.300
12TH FLOOR	+41.900
11TH FLOOR	+38.500
10TH FLOOR	+35.100
9TH FLOOR	+31.700
8TH FLOOR	+28.300
7TH FLOOR	+24.900
6TH FLOOR	+21.500
5TH FLOOR	+18.100
4TH FLOOR	+14.700
3RD FLOOR	+11.300
2ND FLOOR	+7.900
1ST FLOOR	+4.500
GROUND FLOOR	± 0.000
BASEMENT FLOOR	-4.000



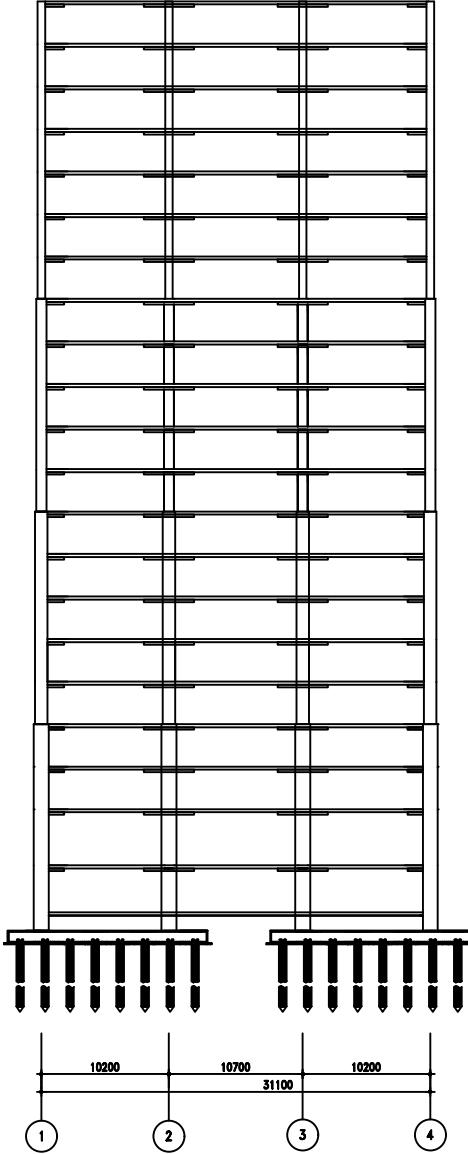
POTONGAN MEMANJANG MODIFIKASI
SKALA 1 : 600



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Potongan Memanjang	1 : 600	5	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 3114100035

ROOF FLOOR	+69.100
19TH FLOOR	+65.700
18TH FLOOR	+62.300
17TH FLOOR	+58.900
16TH FLOOR	+55.500
15TH FLOOR	+52.100
14TH FLOOR	+48.700
13TH FLOOR	+45.300
12TH FLOOR	+41.900
11TH FLOOR	+38.500
10TH FLOOR	+35.100
9TH FLOOR	+31.700
8TH FLOOR	+28.300
7TH FLOOR	+24.900
6TH FLOOR	+21.500
5TH FLOOR	+18.100
4TH FLOOR	+14.700
3RD FLOOR	+11.300
2ND FLOOR	+7.900
1ST FLOOR	+4.500
GROUND FLOOR	± 0.000
BASEMENT 1A FLOOR	-4.000



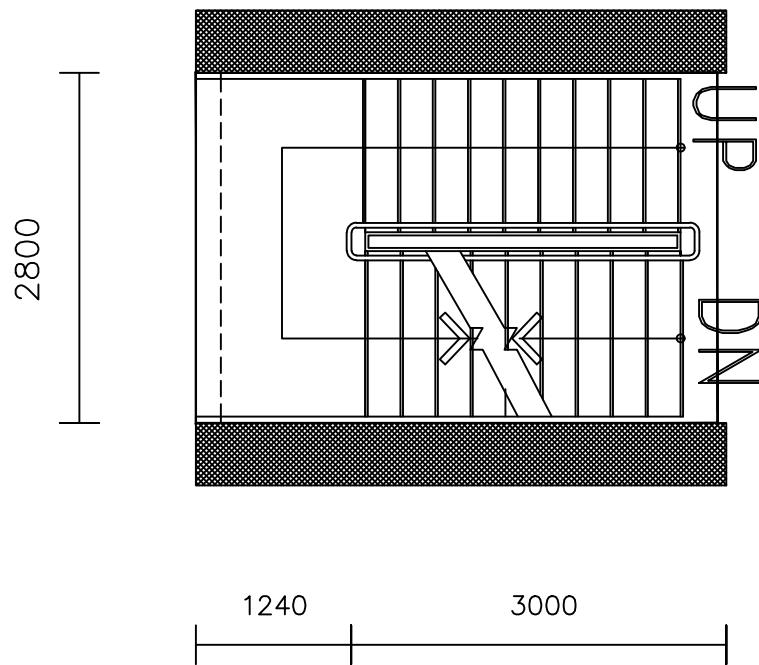
POTONGAN MELINTANG MODIFIKASI

SKALA 1 : 600

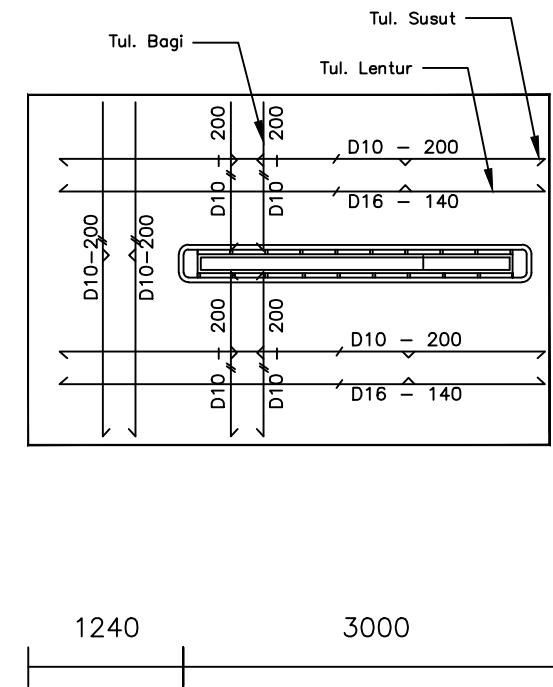


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

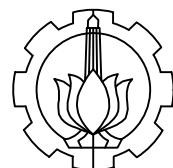
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Potongan Melintang	1 : 600	6	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 3114100035



DENAH TANGGA
SKALA 1 : 60

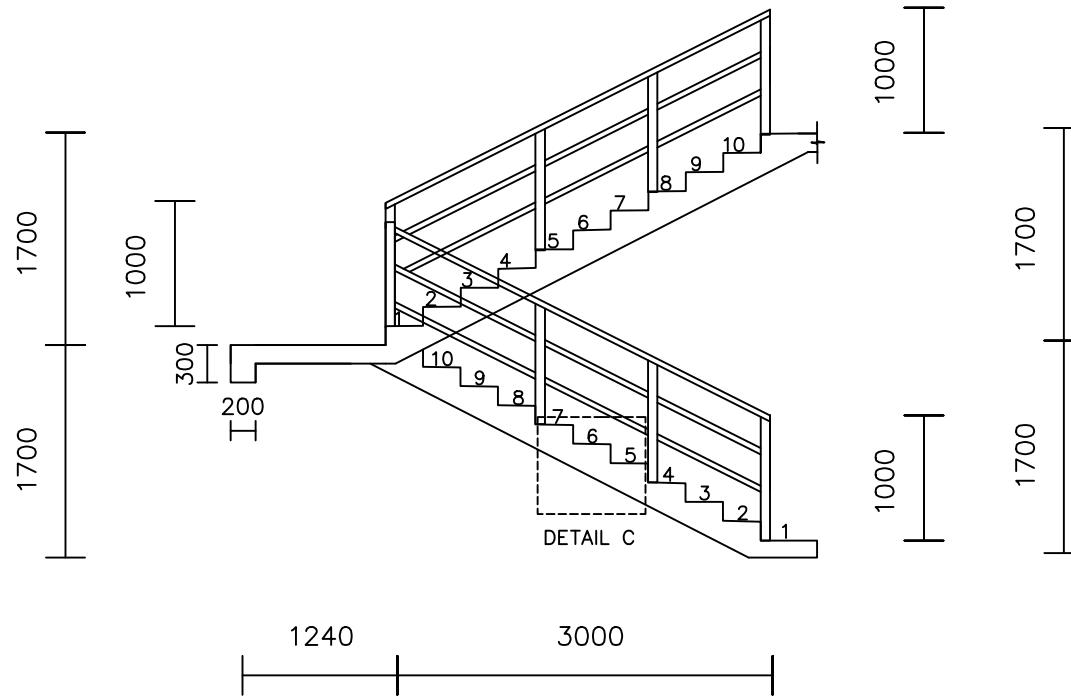


PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 60

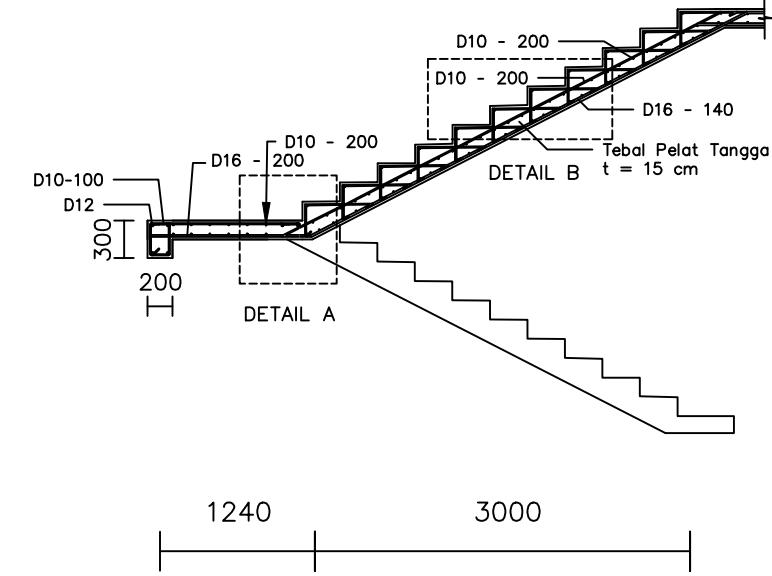


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

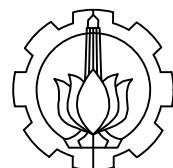
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Denah & Penulangan Tangga	1 : 60	7	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035



 **POTONGAN TANGGA**
SKALA 1 : 60



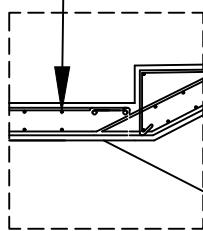
 **DETAIL PENULANGAN TANGGA**
SKALA 1 : 60



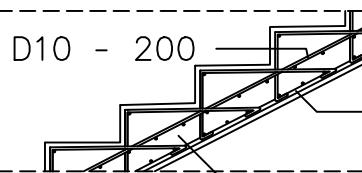
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Potongan & Penulangan Tangga	1 : 60	8	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

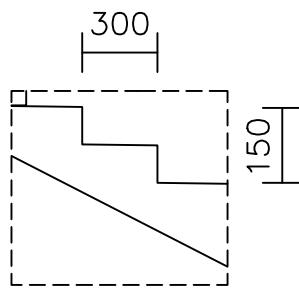
D10 - 200



DETAIL A

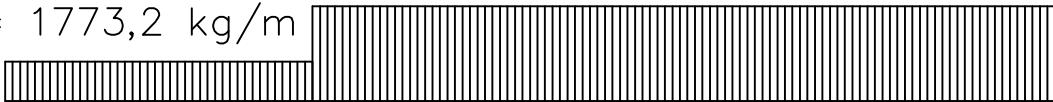


DETAIL B



DETAIL C

$q_1 = 1773,2 \text{ kg/m}$



$q_2 = 1909,88 \text{ kg/m}$

A

B

C

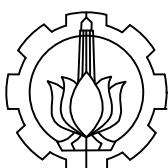
1240

3000



PEMBEBANAN TANGGA

SKALA 1 : 30



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas
Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar
Detail
&
Pembebanan
Tangga

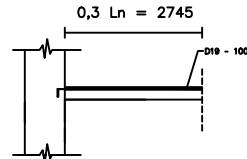
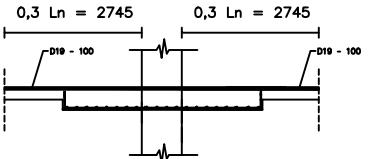
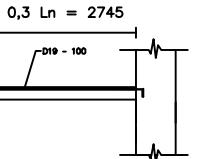
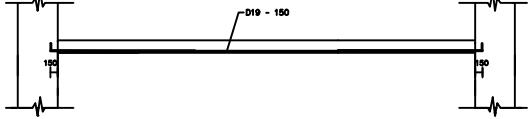
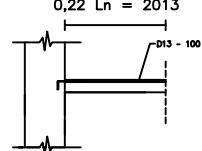
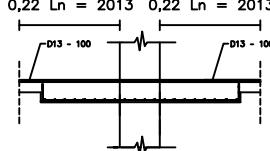
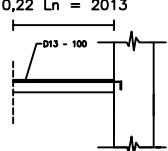
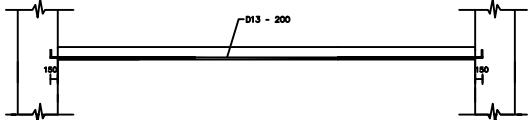
Skala
1 : 30

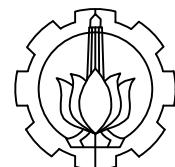
No. Lembar
9

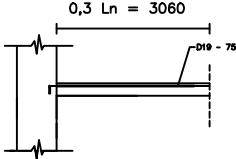
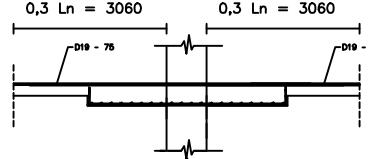
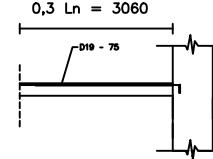
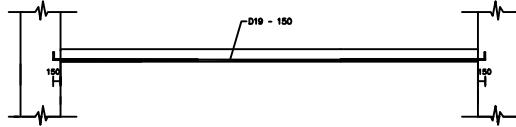
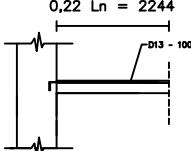
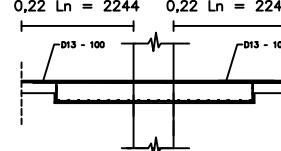
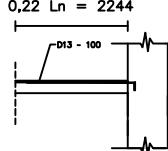
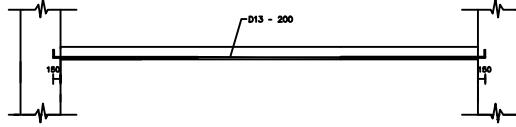
Jml. Lembar
29

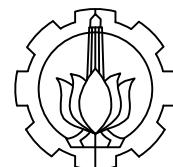
Dosen Konsultasi
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

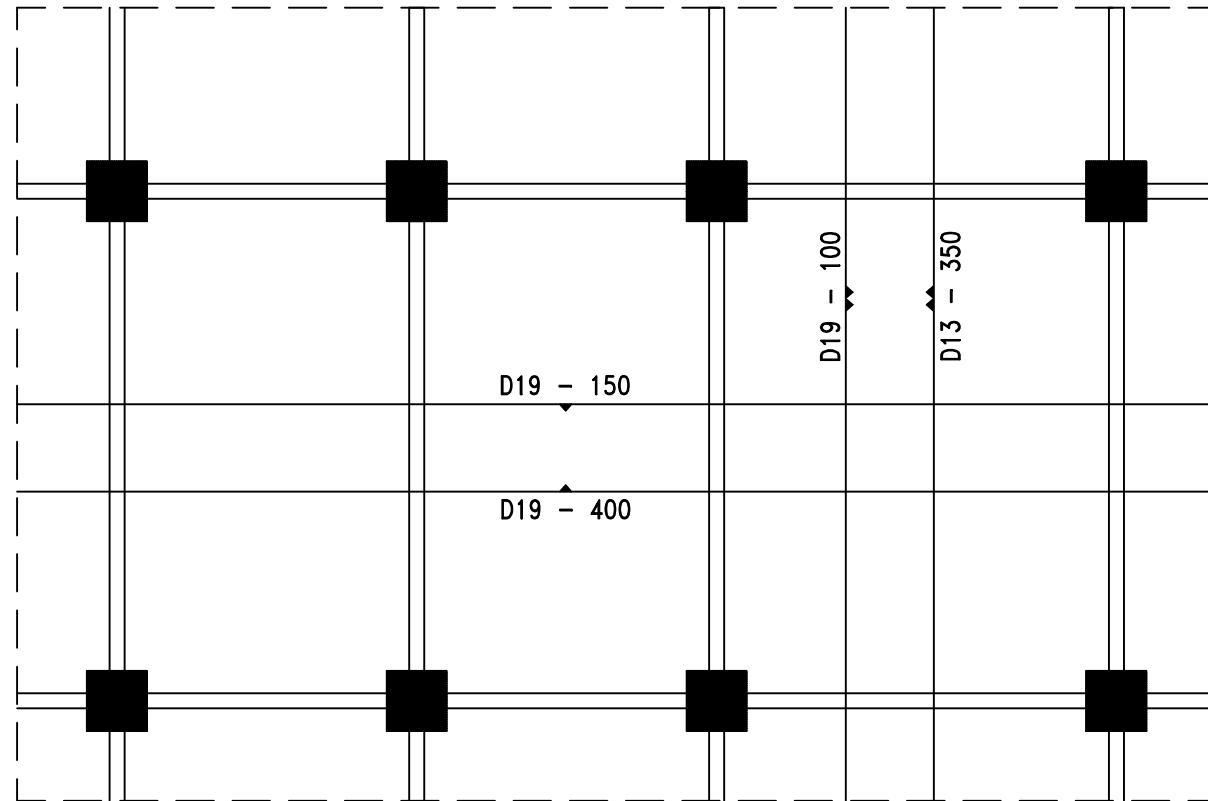
Nama & NRP Mahasiswa
Firly Ayu Agus Dian
03111440000035

LAJUR	LOKASI	PENULANGAN PELAT ARAH X		
LAJUR KOLOM	ATAS			
	BAWAH			
LAJUR TENGAH	ATAS			
	BAWAH			

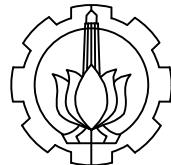


LAJUR	LOKASI	PENULANGAN PELAT ARAH Y		
LAJUR KOLOM	ATAS			
	BAWAH			
	ATAS			
	BAWAH			



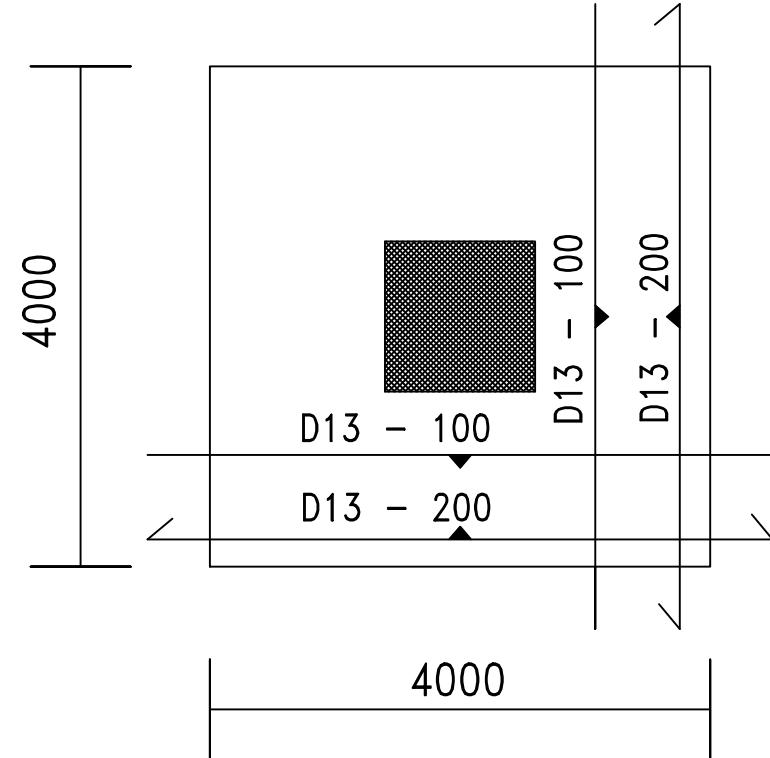


PENULANGAN PELAT BASEMENT
SKALA 1 : 100



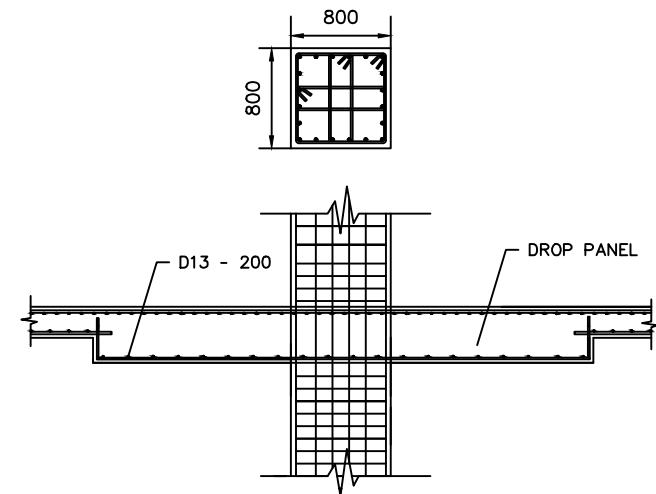
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Penulangan Pelat Basement	1 : 150	12	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035



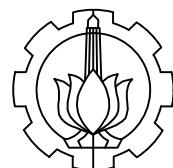
PENULANGAN DROP PANEL

SKALA 1 : 60



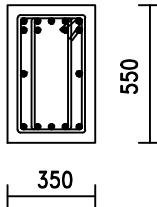
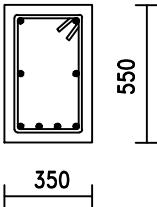
POTONGAN DROP PANEL

SKALA 1 : 60

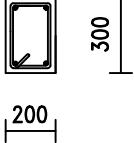
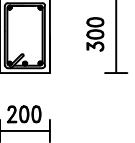


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Detail Penulangan Drop Panel	1 : 60	13	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

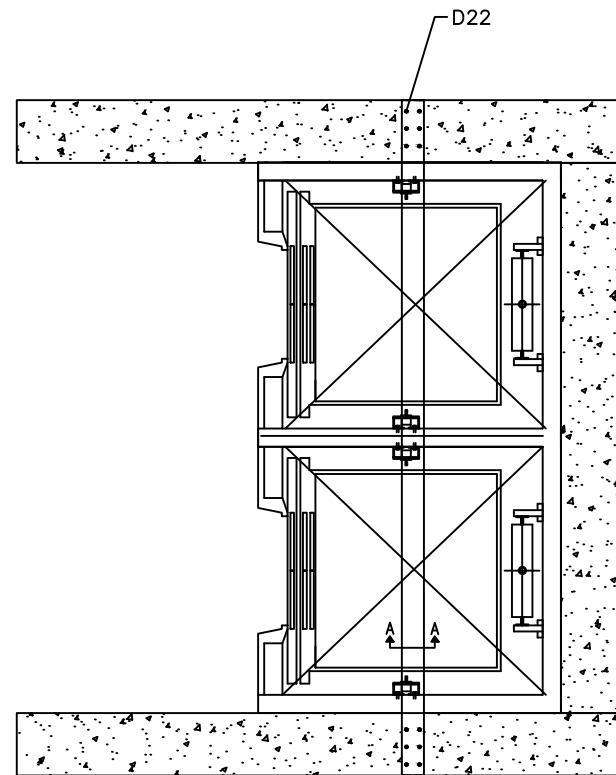
UKURAN	350 X 550	UKURAN	350 X 550
Tumpuan	 550 350	Lapangan	 550 350
Tulangan Longitudinal Atas	9 D22	Tulangan Longitudinal Atas	2 D22
Tulangan Longitudinal Bawah	5 D22	Tulangan Longitudinal Bawah	4 D22
Tulangan Transversal Sendi Plastis	4 D13 – 200	Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis	2 D13 – 300

 **PENULANGAN BALOK**
SKALA 1 : 15

UKURAN	200 X 300	UKURAN	200 X 300
Tumpuan	 300 200	Lapangan	 300 200
Tulangan Longitudinal Atas	2 D12	Tulangan Longitudinal Atas	2 D12
Tulangan Longitudinal Bawah	2 D12	Tulangan Longitudinal Bawah	3 D12
Tulangan Transversal Sendi Plastis	2 D10 – 100	Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis	2 D10 – 100

 **PENULANGAN BALOK BORDES**
SKALA 1 : 30

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas Tugas Akhir RC14-1501	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
		Detail Penulangan Balok	1 : 30	14	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

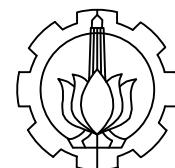


5400

WF 350 x 175 x 7 x 11	
	$W = 49,6 \text{ kg/m}$
	$r = 14 \text{ mm}$
$A = 63,14 \text{ cm}^2$	$h = 300 \text{ mm}$
$d = 350 \text{ mm}$	$Z_x = 841 \text{ cm}^3$
$b_f = 175 \text{ mm}$	$I_x = 13600 \text{ cm}^4$
$t_w = 7 \text{ mm}$	$I_y = 984 \text{ cm}^4$
$t_f = 11 \text{ mm}$	$S_x = 775 \text{ cm}$

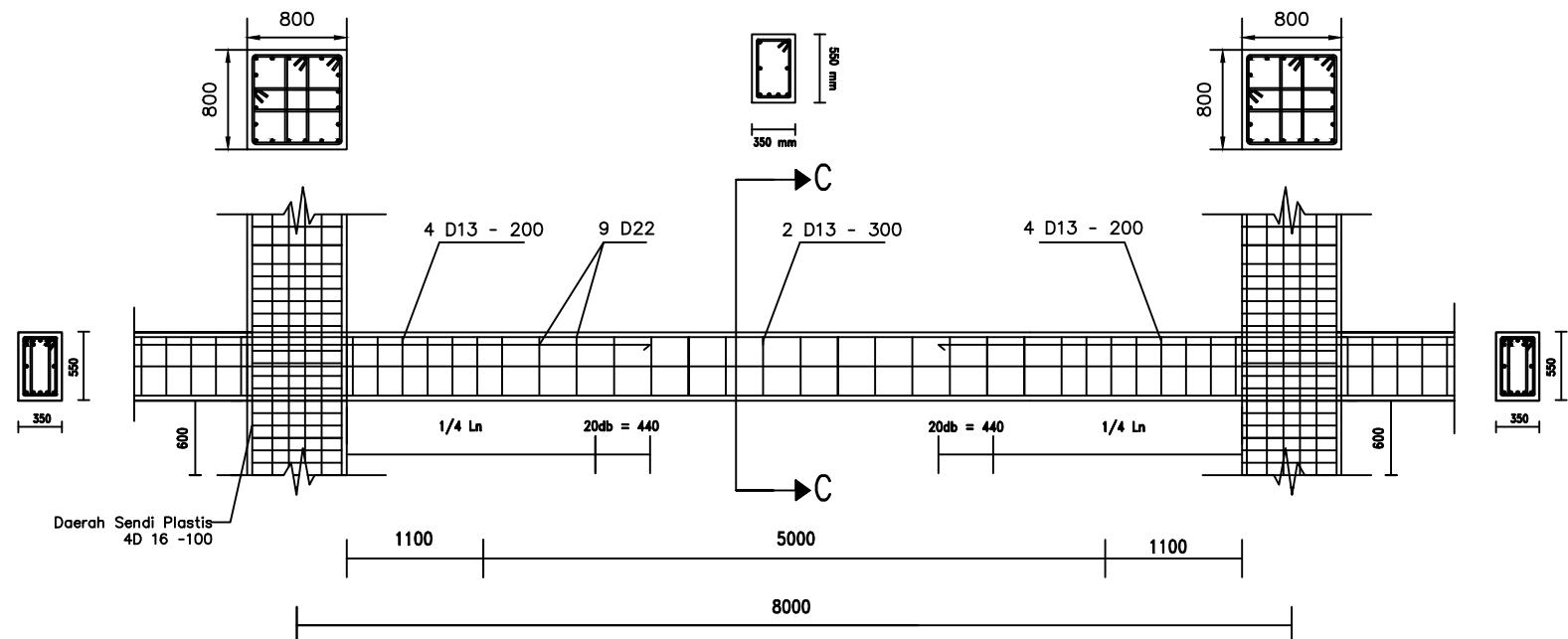
DETAIL BALOK LIFT
SKALA 1 : 60

TAMPAK ATAS BALOK LIFT
SKALA 1 : 60

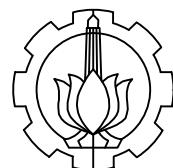


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Penulangan Balok Lift	1 : 60	15	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

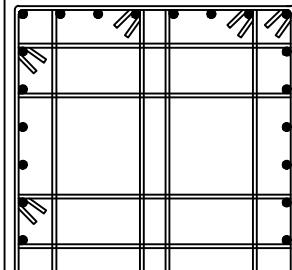
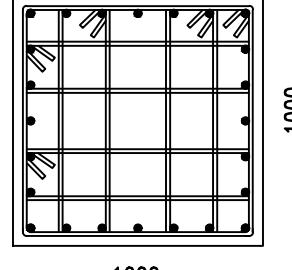
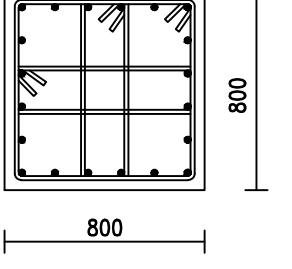
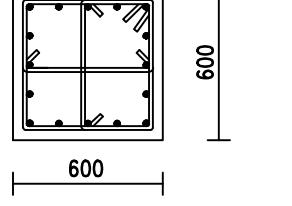


PENULANGAN BALOK TEPI
SKALA 1 : 60

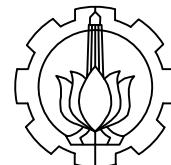
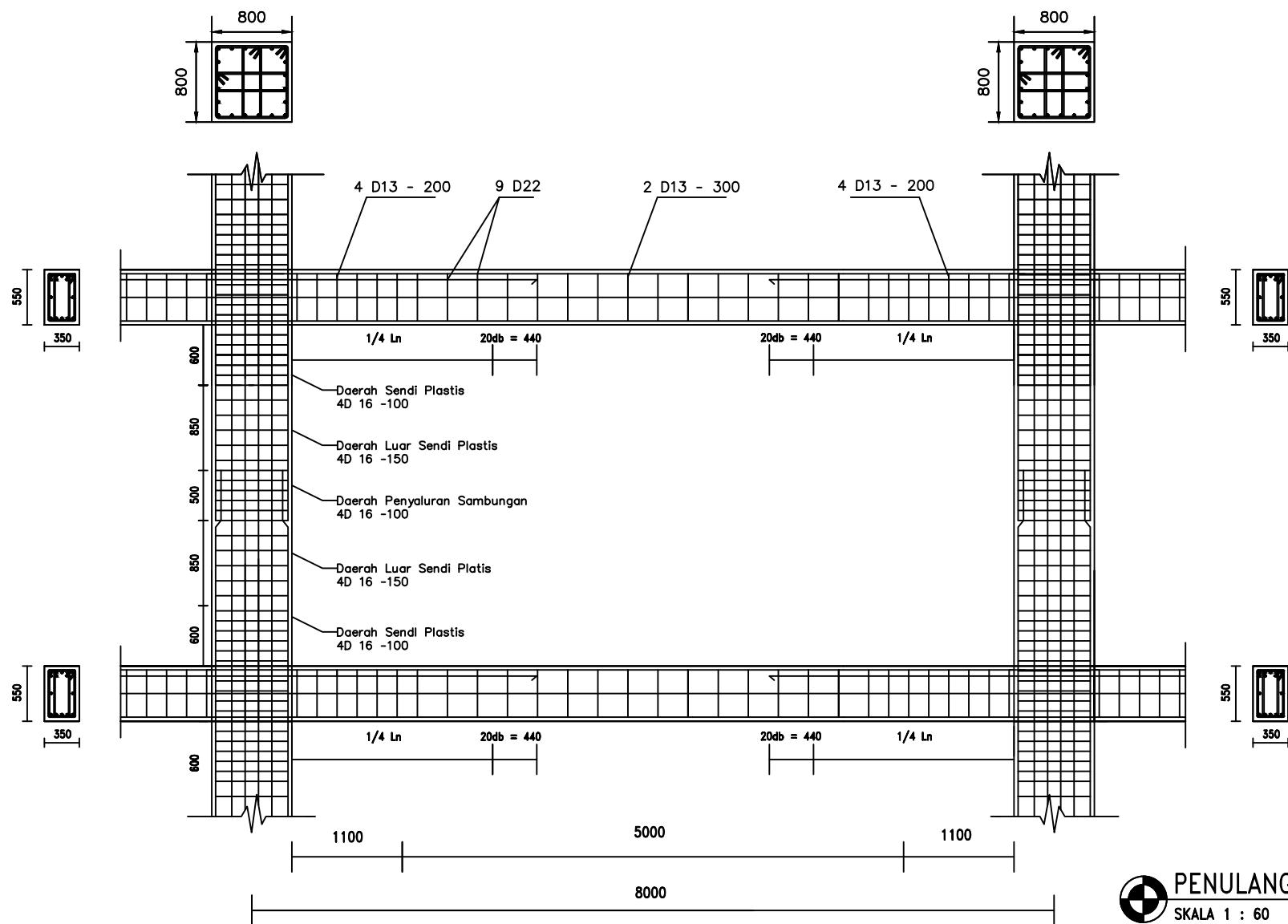


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Detail Penulangan Balok Tepi	1 : 60	16	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

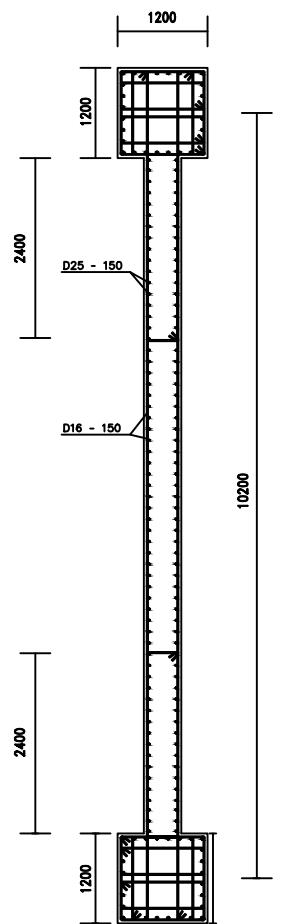
TYPE	1200 x 1200	TYPE	1000 x 1000
Ground Floor — Lantai 3	 <p>1200</p>	Lantai 4 — Lantai 8	 <p>1000</p>
Tulangan Utama	28 D32	Tulangan Utama	24 D29
Tul Sengkang Sendi Plastis	6 D16 – 100	Tul Sengkang Sendi Plastis	6 D16 – 100
Tul Sengkang Non Sendi Plastis	6 D16 – 180	Tul Sengkang Non Sendi Plastis	6 D16 – 180
TYPE	800 x 800	TYPE	600 x 600
Lantai 9 — Lantai 13	 <p>800</p>	Lantai 14 — Atap	 <p>600</p>
Tulangan Utama	20 D25	Tulangan Utama	20 D22
Tul Sengkang Sendi Plastis	4 D16 – 100	Tul Sengkang Sendi Plastis	3 D16 – 100
Tul Sengkang Non Sendi Plastis	4 D16 – 150	Tul Sengkang Non Sendi Plastis	3 D16 – 150



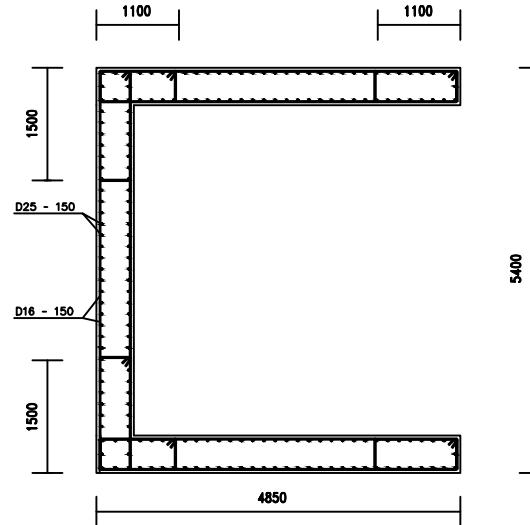


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

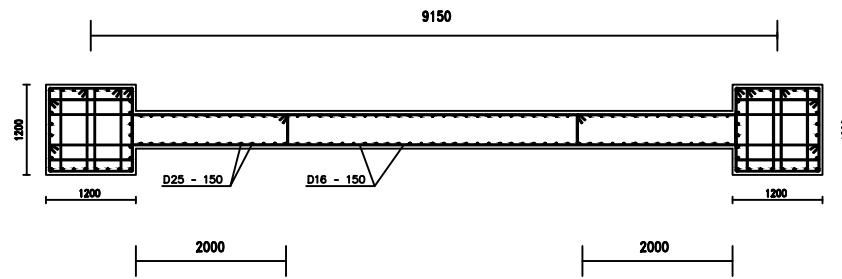
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Penulangan Balok – Kolom	1 : 60	18	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035



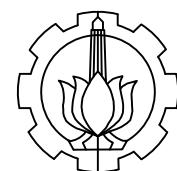
SHEAR WALL TYPE 1
SKALA 1 : 100



SHEAR WALL TYPE 2
SKALA 1 : 100

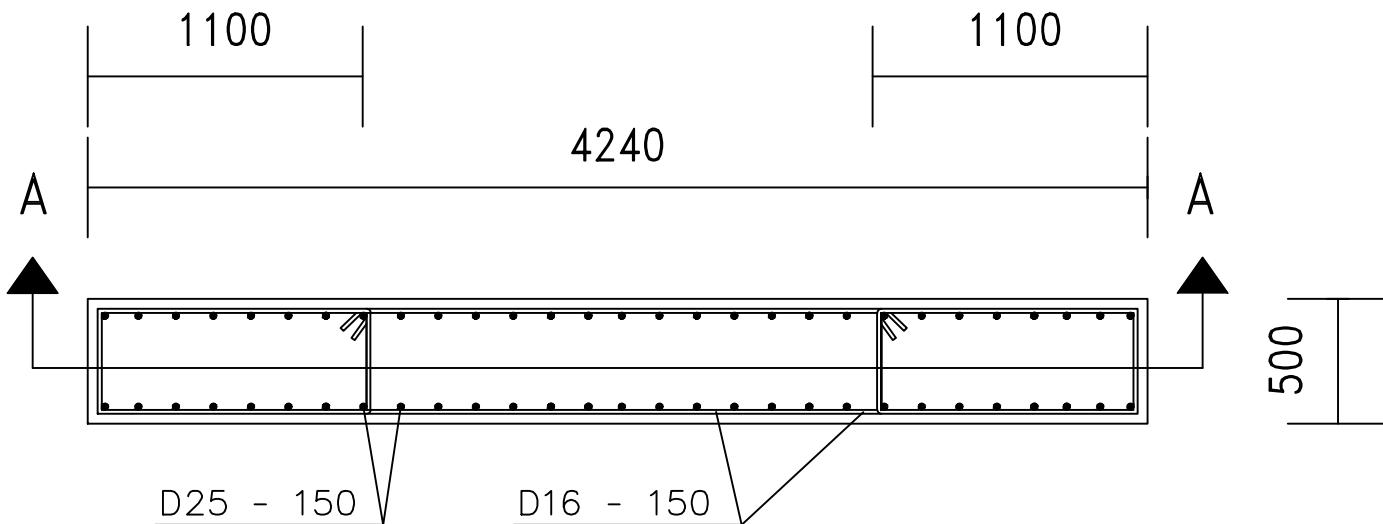


SHEAR WALL TYPE 3
SKALA 1 : 100

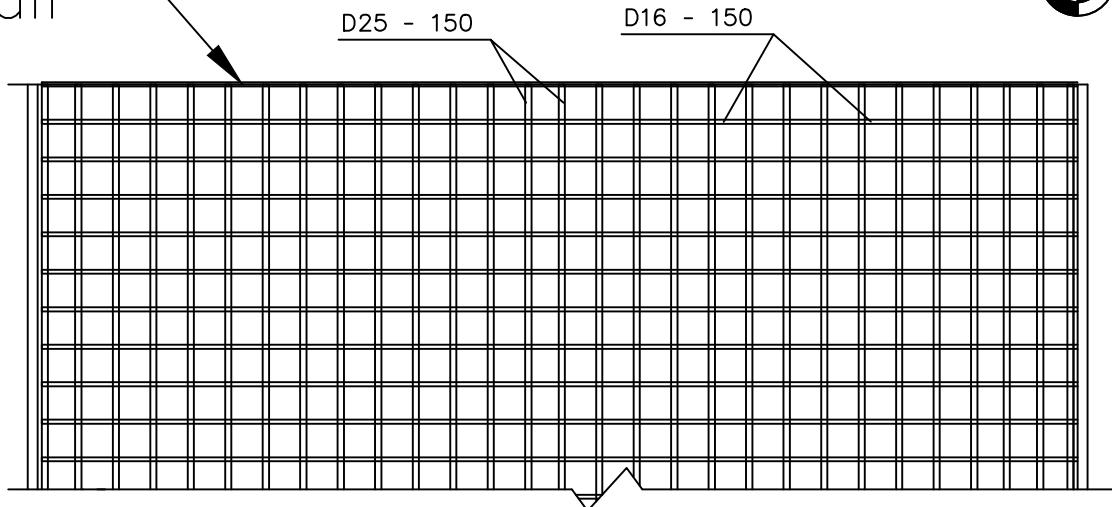


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Penulangan Shear Wall	1 : 100	19	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

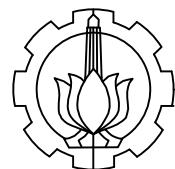


Shear Wall



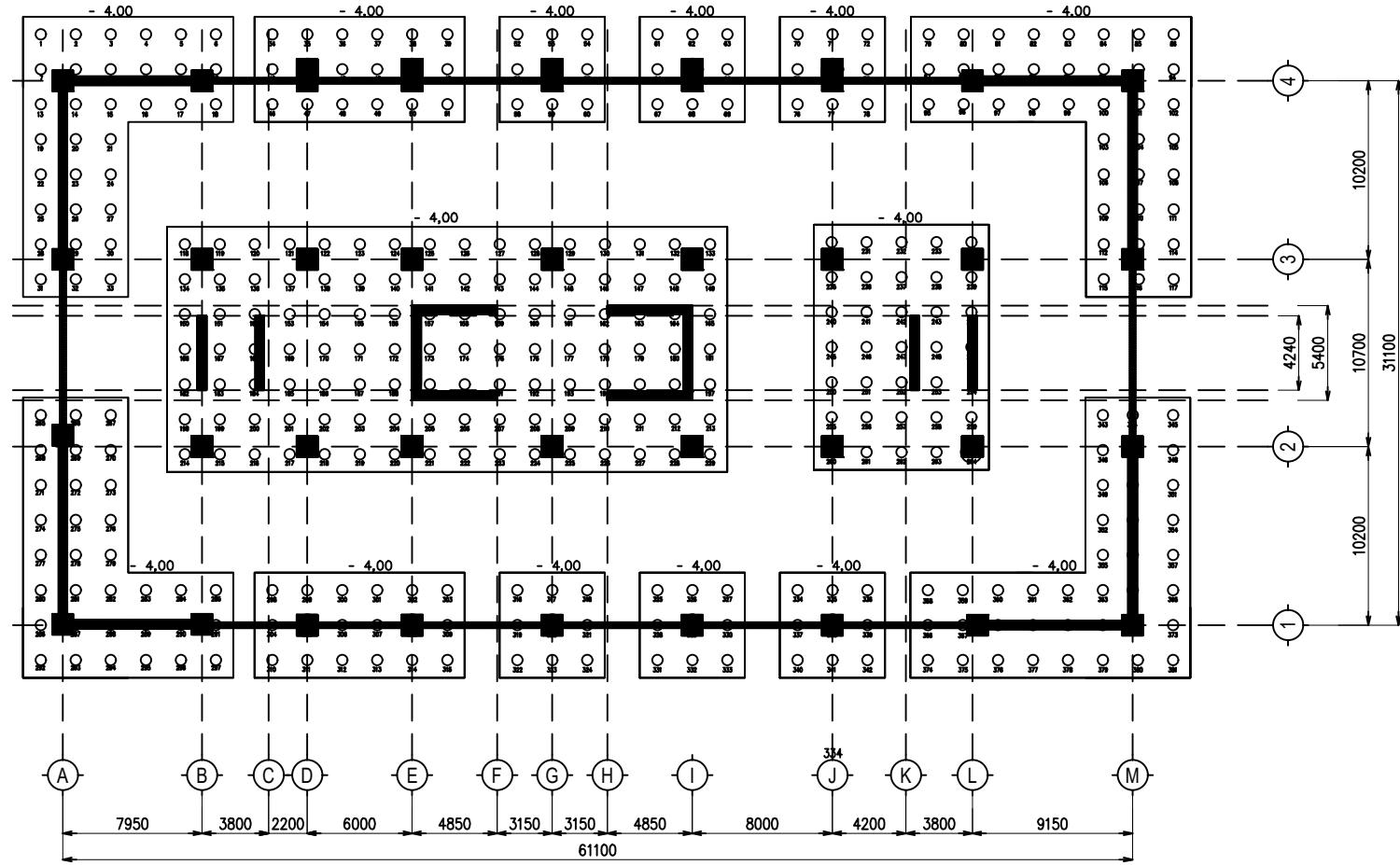
SHEAR WALL TYPE 4

SKALA 1 : 30



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Detail Penulangan Shearwall	1 : 30	20	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035



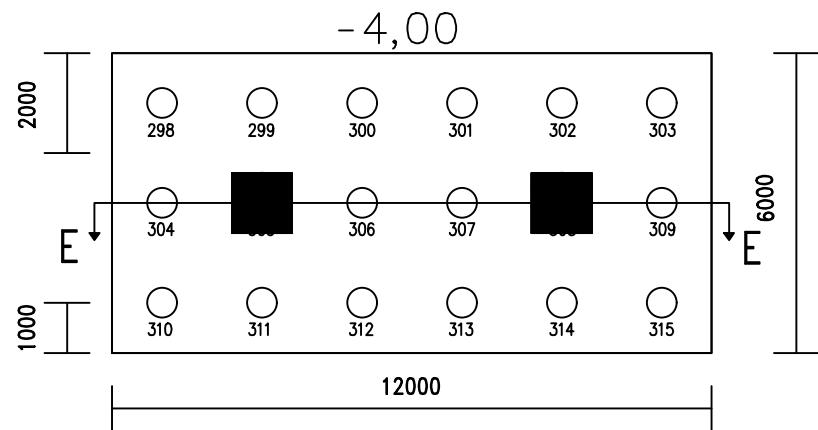
DENAH PONDASI

SKALA 1 : 400

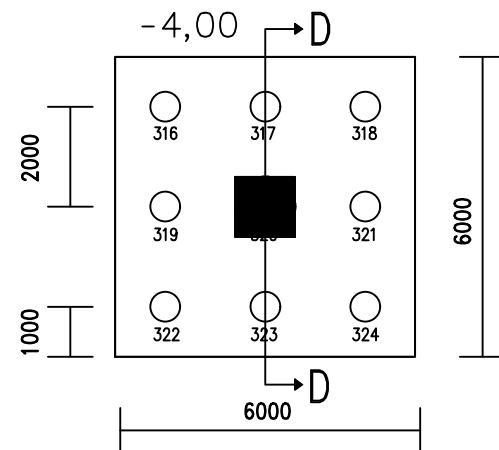


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

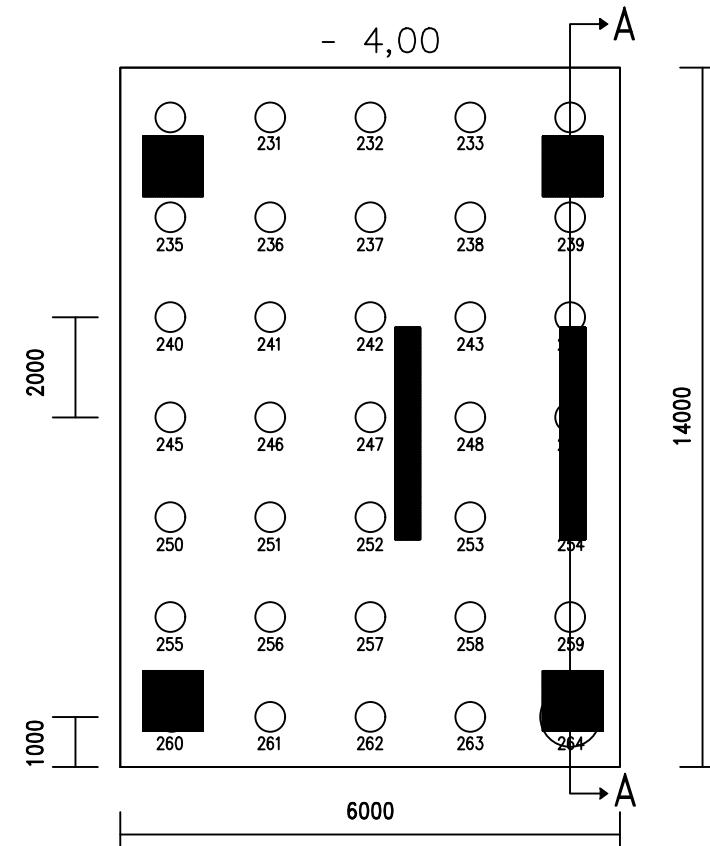
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Denah Pondasi	1 : 400	21	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 0311144000035



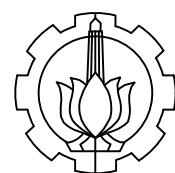
GRUP TIANG PANCANG 5
SKALA 1 : 150



GRUP TIANG PANCANG 4
SKALA 1 : 150

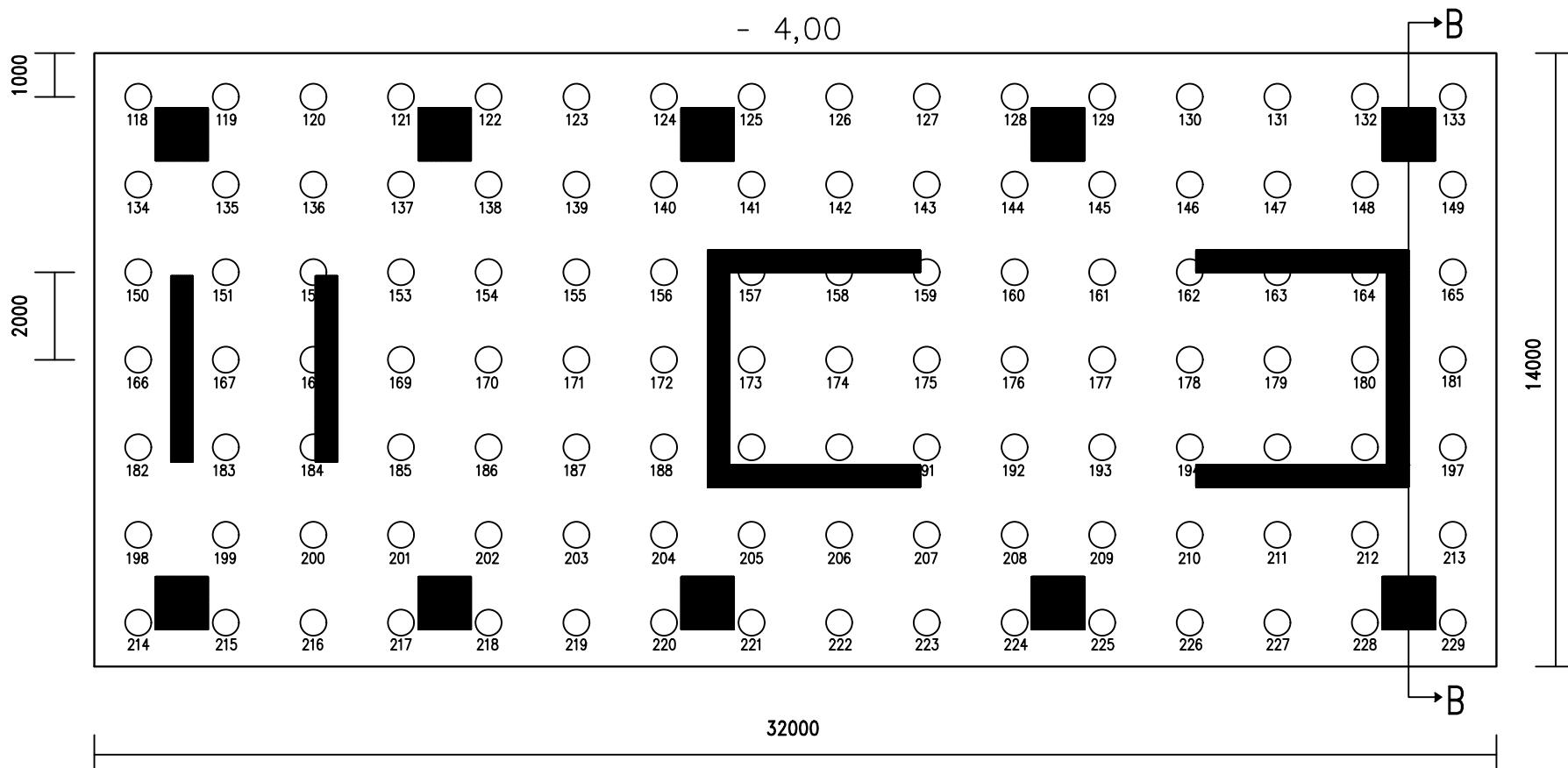


GRUP TIANG PANCANG 1
SKALA 1 : 150



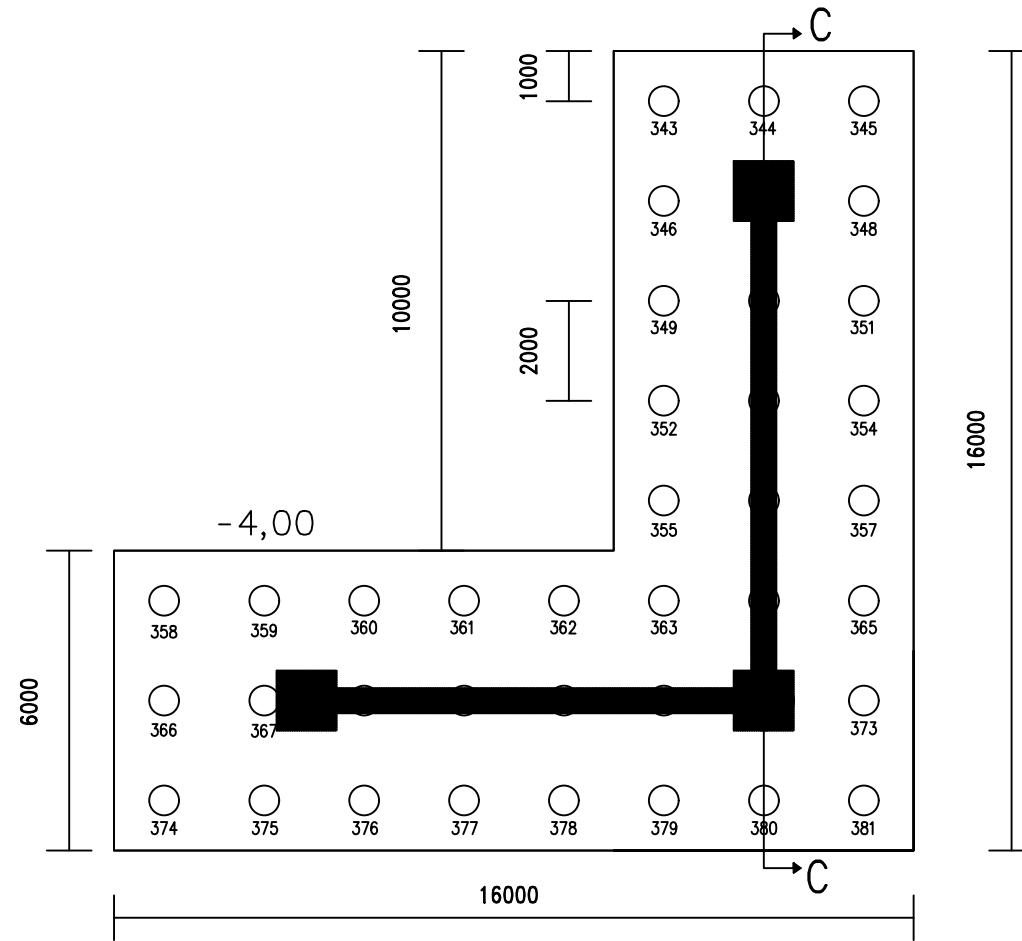
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Grup Tiang Pancang 1,4,5	1 : 150	22	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035



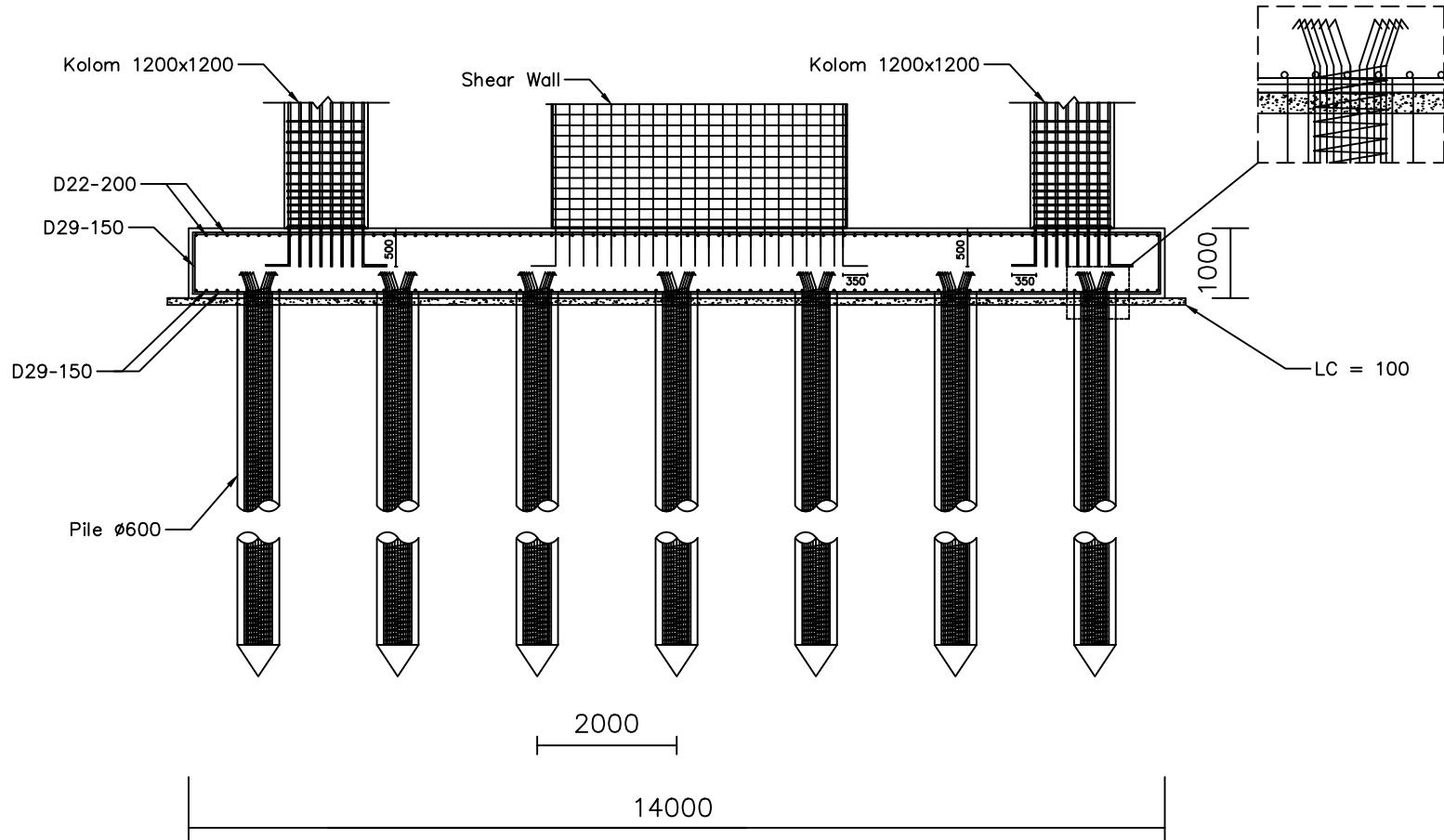
GRUP TIANG PANCANG 2
SKALA 1 : 150

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas Tugas Akhir RC14-1501	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
		Grup Tiang Pancang 2	1 : 150	23	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

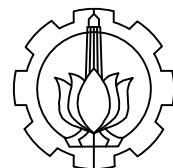


 GRUP TIANG PANCANG 3
SKALA 1 : 150

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir RC14-1501	Grup Tiang Pancang 3	1 : 150	24	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035

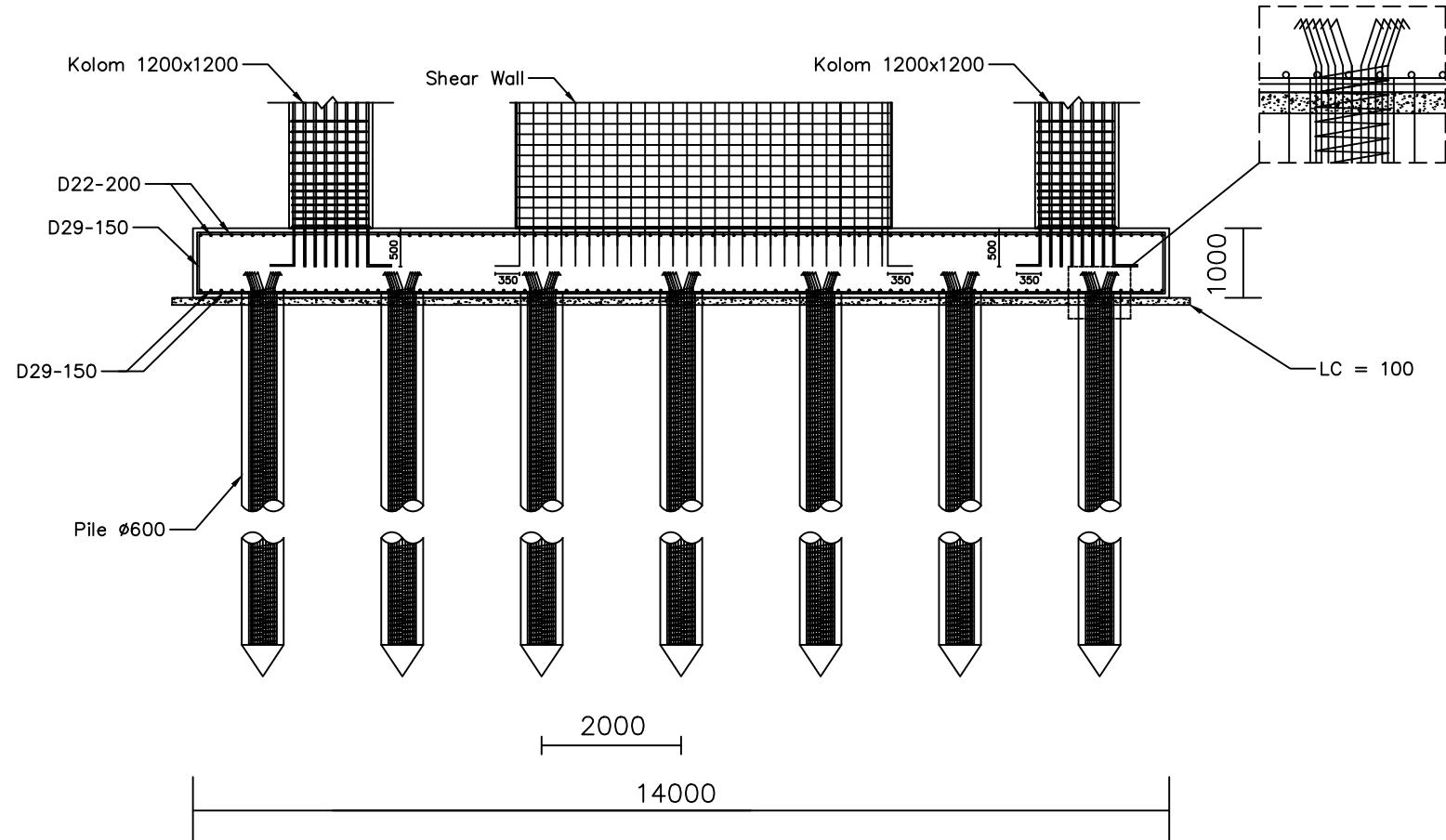


POTONGAN PILE CAP 1
SKALA 1 : 100



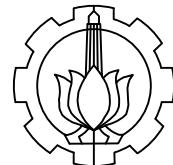
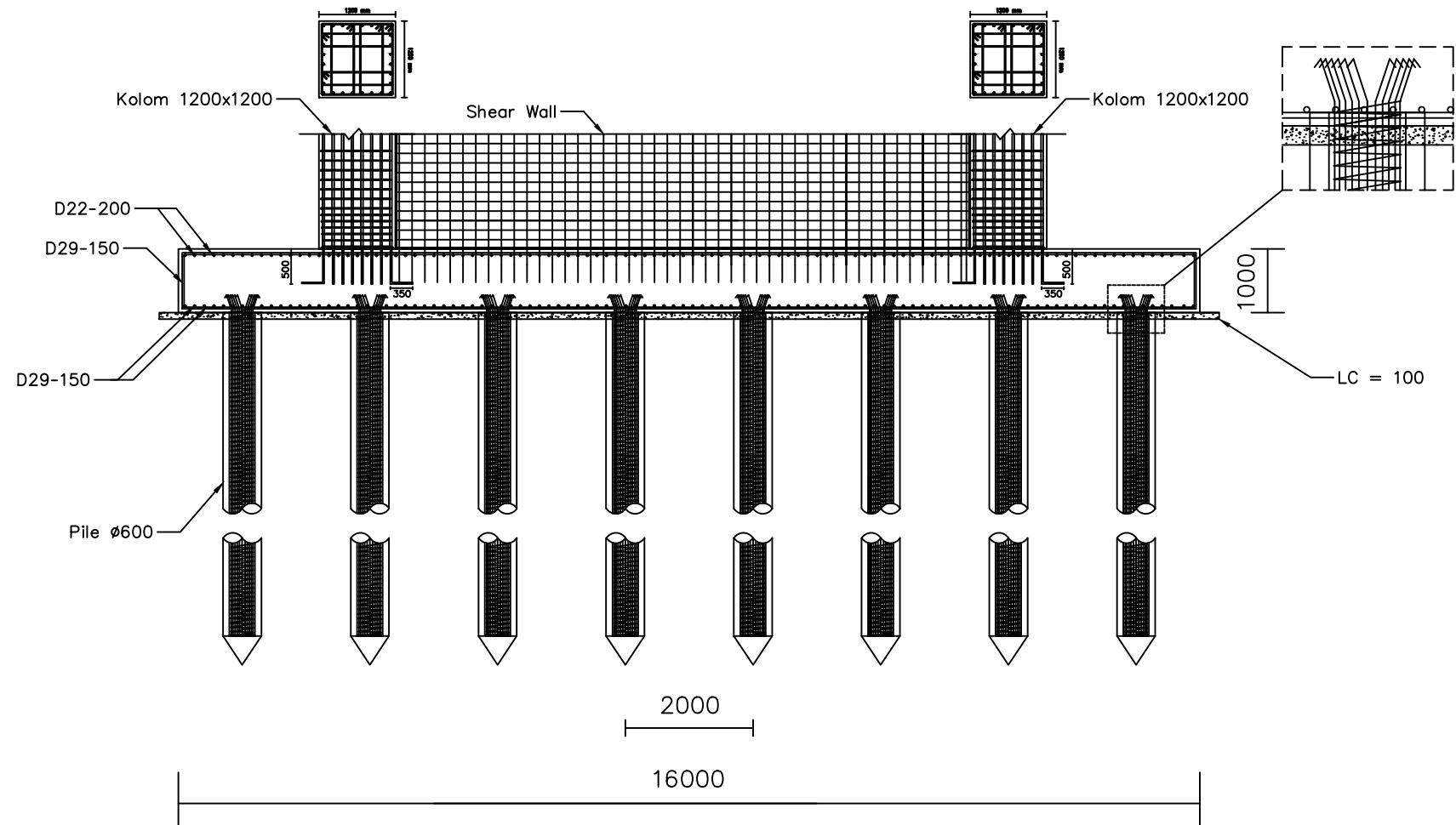
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Potongan Pondasi Pile Cap 1	1 : 100	25	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035



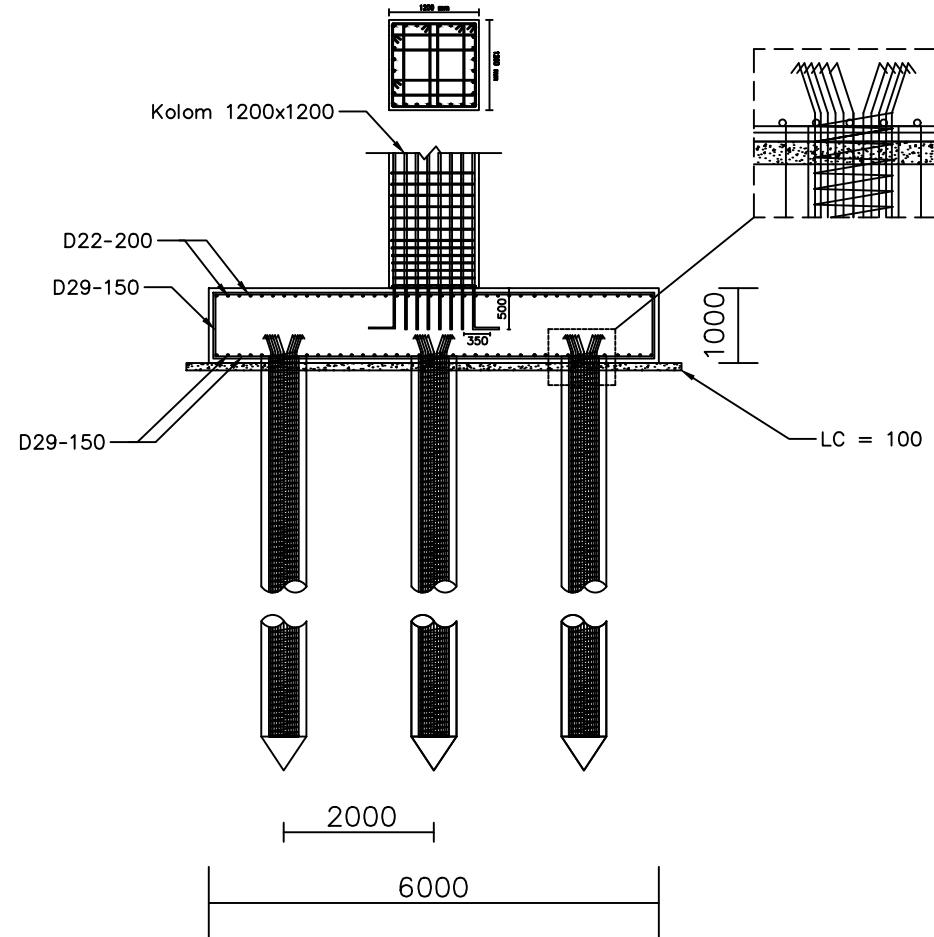
POTONGAN PILE CAP 2

SKALA 1 : 100

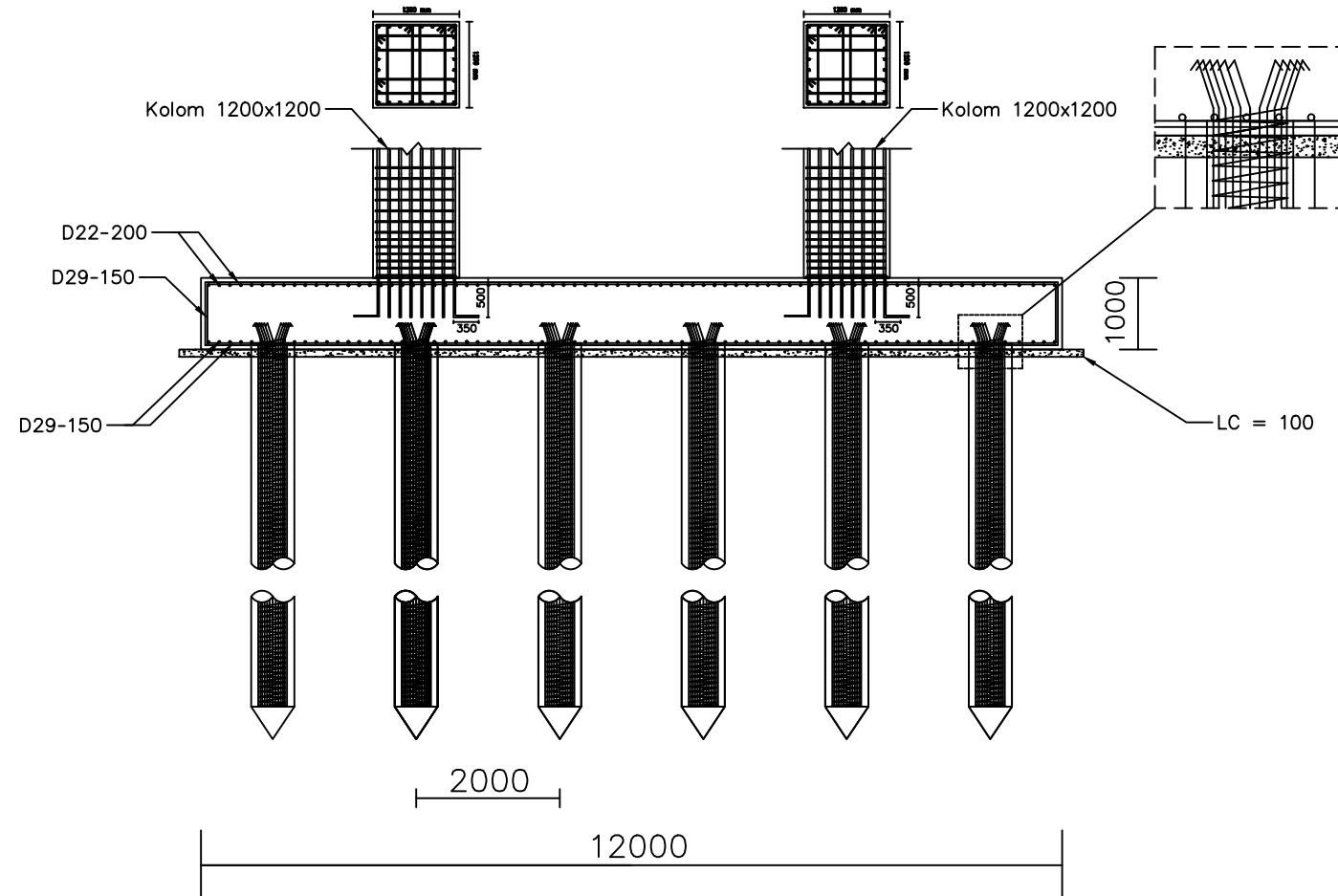


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir RC14-1501	Potongan Pondasi Pile Cap 3	1 : 100	27	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035



POTONGAN PILE CAP 4
SKALA 1 : 100



POTONGAN PILE CAP 5
SKALA 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
	Tugas Akhir RC14-1501	Potongan Pondasi Pile Cap 5	1 : 100	29	29	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	Firly Ayu Agus Dian 03111440000035