

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN GEDUNG DENGAN LANDASAN
HELIKOPTER PADA WILAYAH KANTOR
KEPOLISIAN DAERAH PROVINSI D. I.
YOGYAKARTA
(*HELIPAD BUILDING PLANNING IN OFFICE AREA
OF REGIONAL POLICE SPECIAL REGION OF
YOGYAKARTA PROVINCE*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**CHANDRA KUMARA YUDHATAMA
15.511.108**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN GEDUNG DENGAN LANDASAN
HELIKOPTER PADA WILAYAH KANTOR
KEPOLISIAN DAERAH PROVINSI D. I.
YOGYAKARTA
(*HELIPAD BUILDING PLANNING IN OFFICE AREA
OF REGIONAL POLICE SPECIAL REGION OF
YOGYAKARTA PROVINCE*)**

Disusun oleh

Chandra Kumara Yudhatama

15511108

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 6 Januari 2021

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji II

Penguji III

Suharyatma, Ir., M.T.

NIP : 865110201

Prof. Ir. M. Teguh, MSCE., Ph.D

NIP : 855110201

Astriaana H., S.T., M.Eng.

NIP : 165111301

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Drs. Amini Yuni Astuti, M.T.

NIP : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 18 Januari 2021

Yang membuat pernyataan,



Chandra Kumara Yudhatama
(15511108)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT Tuhan semesta alam, atas segala rahmat dan hidayah yang dilimpahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *perencanaan gedung kantor dengan landasan helikopter pada kepolisian daerah provinsi D.I.Yogyakarta*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak dengan penuh rasa syukur alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

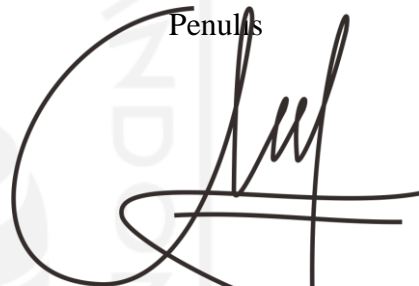
1. Ir. Suharyatma M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesainya penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran, dan memberikan evaluasi agar lebih baik di kemudian hari.
3. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Alm. Sujiyanto (Abah) yang telah memberikan waktu-waktu terbaiknya kepada penulis semasa hidupnya.
5. Bapak Widodo (Ayah) dan Ibu Siti Khodijah (Ibu), kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan kasih sayang, serta memberikan bantuan baik moril dan materiil dalam penyusunan naskah tugas akhir ini.
6. Sahabat-sahabat Amerex yang telah menemani perjalanan penulis selama menempuh studi di prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

7. Teman-teman angkatan 2015 Teknik Sipil yang memberikan bantuan dan semangat kepada penulis hingga dapat terselesaikannya naskah tugas akhir ini.
8. Seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak bisa saya sebut satu-persatu.

Penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

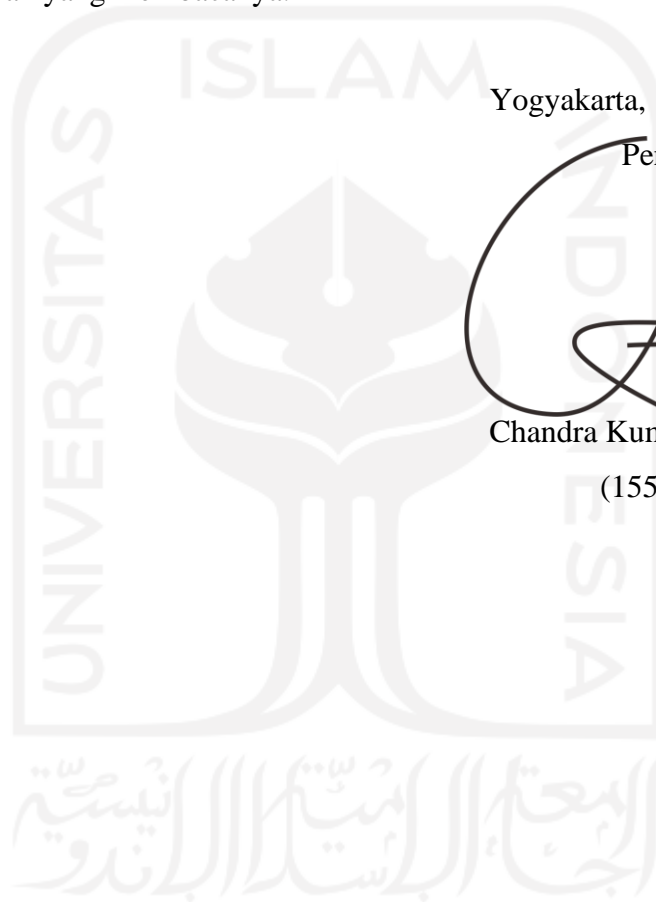
Yogyakarta, 18 Januari 2021

Penulis



Chandra Kumara Yudhatama

(15511108)





**Ibu, takkan pernah jadi sia sia
segala pengorbanan, kesabaran, dan
doa restu darimu.**

**Ibu, terimakasih atas jalan hidup
yang telah kau berikan.**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DEDIKASI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xxii
<i>ABSTRACT</i>	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Perancangan	2
1.4. Manfaat Perancangan	2
1.5. Batasan Perancangan	3
1.6. Keaslian Perancangan	4
1.7. <i>Preliminary Design</i> (Desain Awal)	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Umum	5
2.2. Penelitian Sebelumnya	5

2.2.1 Perencanaan Struktur Gedung Ruang Kuliah dan Kantor Fakultas Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan Daktilitas Penuh dan Terbatas	5
2.2.2 Perencanaan Gedung Sekolah 4 Lantai (1 <i>Basement</i>) dengan Prinsip Daktilitas Penuh di Daerah Sukoharjo	6
2.2.3 Perencanaan Konstruksi Struktur Atas serta Struktur <i>Helipad</i> pada Struktur Bangunan Rumah Sakit R. K. Charitas Palembang	8
2.3 Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Sekarang	10
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Dasar Perencanaan Struktur Beton Bertulang	15
3.1.1 Peraturan-Peraturan	15
3.1.2 Pembebanan	15
3.2 Analisis Struktur	18
3.3 Perencanaan Pelat	19
3.4 Perencanaan Balok	20
3.5 Perencanaan Kolom	22
3.6 Hubungan Balok Kolom	23
3.7 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	24
3.8 Perencanaan Tangga	25
3.9 Perencanaan Landasan Helikopter (<i>Helipad</i>)	27
3.9.1 Pendahuluan	27
3.9.2 Karakteristik Fisik <i>Helipad</i>	27
3.9.3 Pembatasan Rintangan	29
3.9.4 Alat Bantu Visual	30
3.9.5 Fasilitas Pendukung dan Keselamatan	32

3.9.6 Helikopter yang Digunakan	32
BAB IV METODE PERENCANAAN	34
4.1 Data yang Diperlukan	34
4.2 Lokasi Perencanaan	34
4.3 Tahapan Perencanaan	35
BAB V ANALISIS STRUKTUR DAN PEMBAHASAN	38
5.1 Dasar Permodelan Struktur	38
5.2 Analisis Perilaku Struktur	40
5.2.1 Periode Getar Alamai Fundamental	40
5.2.2 Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)	40
5.2.3 Simpangan Antar Lantai (<i>Story Drift</i>)	42
5.2.4 Analisis P-Delta	42
5.2.5 Ketidakberaturan Horizontal Bangunan	43
5.3 Analisis Pelat	46
5.3.1 Pembebanan Pelat	47
5.3.2 Data Material Struktur Pelat	49
5.3.3 Penulangan Pelat	52
5.4 Analisis Balok	60
5.4.1 Balok Induk	60
5.4.1.1 Perhitungan Tulangan Rangkap Balok	65
5.4.1.2 Perhitungan Tulangan Susut Balok	79
5.4.1.3 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk (Sengkang/Begel)	80
5.4.1.4 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk	83
5.4.2 Balok Anak	83
5.4.2.1 Perhitungan Tulangan Tunggal Balok Anak	86

5.4.2.2	Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak (Sengkang/Begel)	94
5.4.2.3	Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	98
5.4.3	Balok Kantilever	98
5.4.3.1	Analisis Tulangan Balok Kantilever	100
5.5	Analisis Tangga	104
5.5.1	Pembebanan Pelat Tangga dan Pelat Bordes	105
5.5.2	Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes	107
5.5.3	Pembebanan Balok Bordes	116
5.5.4	Perhitungan Tulangan Balok Bordes	117
5.5.5	Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Tangga	117
5.6	Analisis Kolom	118
5.6.1	Data, Nilai Momen, dan Gaya Aksial pada Kolom	119
5.6.2	Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom	120
5.6.3	Pemeriksaan Prinsip <i>Strong Column Weak Beam</i>	126
5.6.4	Perhitungan Tulangan Geser	128
5.6.5	Rekapitulasi Analisis Kolom	132
5.7	Analisis Hubungan Balok Kolom	132
5.8	Analisis Pondasi Tiang Pancang	134
5.8.1	Hasil Analisis Momen dan Gaya Aksial pada Struktur Pondasi	135
5.8.2	Perhitungan Daya Dukung Pondasi	135
5.8.2.1	Data Tanah dan Tiang Pancang	135
5.8.2.2	Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal	137
5.8.3	Jumlah Tiang yang Diperlukan	139
5.8.4	Konfigurasi Susunan Tiang	140
5.8.5	Kontrol Terhadap Gaya-gaya yang Terjadi	142

5.8.6 Perhitungan Penulangan dan Kontrol Keruntuhan Geser di <i>Pile Cap</i>	145
5.9 Analisis Balok Sloof	149
5.10 Parameter Teknis Keamanan Penerbangan Sipil	152
5.10.1 Parameter Fisik Landasan Helikopter	152
5.10.2 Parameter Rintangan Terbang	154
5.10.3 Alat Bantu Visual	155
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	157
6.1 Kesimpulan	157
6.2 Saran	159
DAFTAR PUSTAKA	xxiv
LAMPIRAN	xxv



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Penulis	10
Tabel 3.1	Beban Mati	15
Tabel 3.2	Beban Hidup	16
Tabel 3.3	Dimensi <i>Wind Direction Indicator</i> (WDI)	30
Tabel 5.1	Skala Gaya <i>Base Shear</i>	41
Tabel 5.2	Simpangan Lantai Titik 1	42
Tabel 5.3	P-Delta <i>Stability Check</i>	43
Tabel 5.4	Ketidakteraturan Horizontal pada Struktur	43
Tabel 5.5	Pengecekan Ketidakteraturan Struktur	46
Tabel 5.6	Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Pelat	59
Tabel 5.7	Rekapitulasi Momen dan Geser B1 dan B3	62
Tabel 5.8	Rekapitulasi Distribusi Momen Balok Induk	65
Tabel 5.9	Rekapitulasi Nilai Momen Balok Induk yang Ditetapkan	65
Tabel 5.10	Rekapitulasi Penulangan Balok Induk	83
Tabel 5.11	Rekapitulasi Momen dan Geser B2A dan B2B	85
Tabel 5.12	Rekapitulasi Redistribusi Momen Balok Anak	86
Tabel 5.13	Rekapitulasi Nilai Momen Balok Anak yang Ditetapkan	86
Tabel 5.14	Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	98
Tabel 5.15	Rekapitulasi Momen dan Geser Balok Kantilever	99
Tabel 5.16	Rekapitulasi Tulangan Balok Kantilever	104
Tabel 5.17	Rekapitulasi Momen dan Geser Tangga	107
Tabel 5.18	Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes	117
Tabel 5.19	Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes	117

Tabel 5.20	Rekapitulasi Momen dan Gaya Aksial Kolom	119
Tabel 5.21	Rekapitulasi Rasio Tulangan	121
Tabel 5.22	Rekapitulasi Perhitungan Mn-Pn Tulangan Berjumlah 16	124
Tabel 5.23	Rekapitulasi Pengecekan SCWB	127
Tabel 5.24	Rekapitulasi Rekapitulasi Gaya Geser Kolom	128
Tabel 5.25	Rekapitulasi Penulangan Kolom	132
Tabel 5.26	Rekapitulasi Tulangan pada Hubungan Balok Kolom	134
Tabel 5.27	Rekapitulasi Nilai Momen dan Gaya pada Pondasi	135
Tabel 5.28	Rekapitulasi Perhitungan Mencari Nilai N	138
Tabel 5.29	Rekapitulasi Daya Dukung Izin Tiang Tunggal Pondasi	139
Tabel 5.30	Rekapitulasi Jumlah Tiang	140
Tabel 5.31	Rekapitulasi Efisiensi dan Daya Dukung Izin Kelompok Tiang	142
Tabel 5.32	Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya-gaya yang Terjadi	145
Tabel 5.33	Rekapitulasi Desain <i>Pile Cap</i>	149
Tabel 5.34	Rekapitulasi Penulangan Balok Sloof	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Peta Wilayah Gempa di Indonesia	17
Gambar 3.2	Respon Spektrum pada Lokasi yang Ditinjau	17
Gambar 3.3	Potongan Pelat	20
Gambar 3.4	Penulangan Pelat Daerah Lapangan	20
Gambar 3.5	Penulangan Pelat Daerah Tumpuan	20
Gambar 3.6	Potongan Melintang Balok	21
Gambar 3.7	Diagram Interaksi Kolom P dan M	22
Gambar 3.8	Gaya-gaya pada Hubungan Balok Kolom	24
Gambar 3.9	Profil Pondasi Tiang	25
Gambar 3.10	Profil Tangga Beton Bertulang	26
Gambar 3.11	Bagian-bagian <i>Helipad</i>	28
Gambar 3.12	<i>Obstacle Limitation Surface</i> tanpa <i>inner horizontal surface</i>	29
Gambar 3.13	Ilustrasi Bertambahnya Kecuraman Pendekatan Helikopter Selama Pengoperasian	29
Gambar 3.14	<i>Wind Direction Indicator</i> (WDI)	30
Gambar 3.15	Sistem Penerangan <i>Helipad</i>	31
Gambar 3.16	Dimensi Marka Identifikasi	31
Gambar 3.17	Ukuran <i>D-Value Marking</i> (dalam satuan centimeter)	32
Gambar 3.18	Super Puma AS 332 Tampak Samping	33
Gambar 3.19	Super Puma AS 332 Tampak Depan	33
Gambar 4.1	Lokasi Perencanaan Gedung Kantor	34
Gambar 4.2	Diagram Alir Tahapan Perencanaan	35
Gambar 5.1	Permodelan Struktur pada ETABS	39

Gambar 5.2	<i>Output Gaya Dalam Struktur (Kolom Tipe K1)</i>	39
Gambar 5.3	Ketidakteraturan Torsional 1a dan 1b	44
Gambar 5.4	Titik <i>Joint</i> yang Ditinjau	45
Gambar 5.5	Kodefikasi Pelat	46
Gambar 5.6	Nilai Koefisien Momen Pelat Terjepit Elastis	51
Gambar 5.7	<i>Tributary Area</i> Metode Amplop	61
Gambar 5.8	Beban Merata pada Balok	62
Gambar 5.9	Parameter Tinggi Penampang Balok Tulangan Rangkap	66
Gambar 5.10	Letak Tulangan Susut/Pinggang	79
Gambar 5.11	<i>Tributary Area</i> terhadap Balok Anak	83
Gambar 5.12	<i>Tributary Area</i> Balok Kantilever	98
Gambar 5.13	Denah Tangga Lantai 1	104
Gambar 5.14	Potongan Tangga Lantai 1	105
Gambar 5.15	Diagram Mn-Pn K1 Lantai 1	125
Gambar 5.16	Diagram Mn-Pn K1 Lantai 2-3	125
Gambar 5.17	Diagram Mn-Pn K1 Lantai 4	126
Gambar 5.18	Letak Sendi Plastis pada Prinsip SCWB	126
Gambar 5.19	Data Uji Bor Tanah	136
Gambar 5.20	<i>Prestressed Concrete Pretension Spun Piles</i>	137
Gambar 5.21	Konfigurasi Tiang Pondasi Tipe 1	140
Gambar 5.22	Parameter Ketinggian Helikopter Lepas Landas	154

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 *Bor Log*
- Lampiran 2 Spesifikasi material dan referensi tiang pancang
- Lampiran 3 Spesifikasi ukuran dan bentuk tiang pancang
- Lampiran 4 Lanjutan spesifikasi ukuran dan bentuk tiang pancang
- Lampiran 5 Cover gambar detail struktur
- Lampiran 6 Daftar Isi
- Lampiran 7 Lanjutan daftar isi
- Lampiran 8 Denah peta situasi
- Lampiran 9 Denah siteplan
- Lampiran 10 Tampak depan
- Lampiran 11 Tampak belakang
- Lampiran 12 Tampak samping (selatan)
- Lampiran 13 Tampak samping (utara)
- Lampiran 14 Tampak atas
- Lampiran 15 Denah lantai 1
- Lampiran 16 Denah lantai 2
- Lampiran 17 Denah lantai 3
- Lampiran 18 Denah lantai 4
- Lampiran 19 Denah landasan helikopter
- Lampiran 20 Detail landasan helikopter
- Lampiran 21 Potongan A-A
- Lampiran 22 Potongan B-B
- Lampiran 23 Kodefikasi balok dan kolom lantai 1-3
- Lampiran 24 Kodefikasi balok dan kolom lantai 4
- Lampiran 25 Kodefikasi pondasi dan sloof
- Lampiran 26 Penulangan portal arah x
- Lampiran 27 Penulangan portal arah y
- Lampiran 28 Penulangan pelat lantai 2-4
- Lampiran 29 Penulangan pelat atap dan *helipad*
- Lampiran 30 Detail penulangan balok dan sloof

- Lampiran 31 Detail penulangan kolom
- Lampiran 32 Detail penulangan pondasi
- Lampiran 33 Detail dan potongan tangga lantai 1
- Lampiran 34 Detail dan potongan tangga lantai 2-3
- Lampiran 35 Detail penulangan pelat lantai
- Lampiran 36 Detail penulangan pelat atap
- Lampiran 37 Detail penulangan pelat kantilever
- Lampiran 38 Detail hubungan balok kolom
- Lampiran 39 Perspektif 3 dimensi



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- a : Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen (mm)
- Ach : Luas penampang komponen struktur yang dikur sampai tepi luar tulangan transversal (mm^2)
- Ag : Luas bruto penampang beton (mm^2)
- Aj : Luas penampang efektif pada joint di bidang yang paralel terhadap bidang tulangan yang menimbulkan geser dalam joint (mm^2)
- Ap : Luas penampang tiang pancang (m^2)
- As : Luas tulangan longitudinal non-prategang (mm^2)
- Asb : Luas tulangan longitudinal saat kondisi balance (mm^2)
- Ash : Luas penampang total tulangan transversal (termasuk kait silang) dalam spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi b_c (mm^2)
- As_{max} : Luas maksimum tulangan lentur (mm^2)
- As_{min} : Luas minimum tulangan lentur (mm^2)
- As_{tul} : Luas 1 (satu) tulangan lentur (mm^2)
- Ast : Luas total tulangan longitudinal non-prategang (mm^2)
- b : Lebar muka tekan komponen struktur (mm)
- BJTD : Baja Tulangan Deform
- BJTP : Baja Tulangan Polos
- c : Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral (mm)
- cb : yang lebih kecil dari: (a) jarak dari pusat batang tulangan atau kawat ke permukaan beton terdekat, dan (b) setengah spasi kepusat batang tulangan atau kawat yang disalurkan (mm)
- cs : Resultan gaya internal baja tulangan (N)
- Cd : Faktor amplifikasi defleksi
- C_s : Koefisien respons seismik
- Ct : Koefisien gempa
- C_{vx} : Faktor distribusi vertikal

- d : Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (mm)
 d_s : Jarak dari serat tarik terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal (mm)
 DF : Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom
 e : Nilai eksentrisitas suatu titik beban (m)
 E_f : Nilai efisiensi kelompok tiang
 E_s : Modulus elastisitas tulangan dan baja struktural (MPa)
 f'_c : Nilai kuat tekan (mutu) beton (MPa)
 f : Tinggi reaksi tanah
 f_i : Gaya geser pada selimut tiang pancang (kN/m^2)
 f_s : Tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan (MPa)
 f_s' : Tegangan dalam tulangan tekan yang terkena beban terfaktor (MPa)
 f_y : Kuat leleh tulangan (MPa)
 f_{ys} : Kuat leleh tulangan sengkang (MPa)
 F_x : Gaya gempa lateral (detik)
 FK : Faktor Keamanan
 $FATO$: *Final Approach and Take Off*
 h : Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur (mm)
 H_{sx} : Tinggi tingkat dibawah tingkat acuan (mm)
 H_{tot} : Tinggi total bangunan gedung (m)
 I_e : Faktor keutamaan gempa
 K : Eksponen perioda struktur, Koefisien jenis tanah (kPa)
 l_d : Faktor panjang lewatan tulangan kolom (mm)
 l_i : Panjang segmen tiang pancang yang ditinjau (m)
 l_n : Panjang bentang bersih yang diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)
 L_x : Bentang panjang pelat terpendek (mm)
 L_y : Bentang panjang pelat terpanjang (mm)
 M : Nilai kuat lentur (momen) (kNm)
 M_l : Kekuatan lentur lapangan pada pelat (Nmm)
 M_n : Kekuatan lentur nominal pada penampang (Nmm)
 M_{pr} : Kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada

muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit $1,25f_y$ dan faktor reduksi kekuatan sebesar 1.0 (Nmm)

- Mt : Kekuatan lentur tumpuan pada pelat (Nmm)
Mu : Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
n : jumlah tulangan
Np : Nilai rerata SPT diujung dan dibawah kedalaman yang ditinjau
pb : Selimut beton (mm)
P : Gaya aksial penampang (N)
Pn : Gaya aksial nominal penampang (N)
Po : Kuat beban nominal tanpa eksentrisitas (N)
Px : Beban vertikal total kolom pada tingkat acuan (N)
qc : Tahanan ujung konus sondir
Qb : Tahanan ujung bawah ultimit (kN/m^2)
Qs : Tahanan gesek ultimit (kN/m^2)
Qu : Beban merata ultimit (kN/m^2)
R : Beban air hujan (kN/m^2)
s : Spasi pusat ke pusat tulangan transversal (mm)
So : Spasi maksimum (mm)
SCWB : *Strong Column Weak Beam*
SPT : *Standart Penetration Test*
T : Periode fundamental struktur (detik), Kuat tarik baja tulangan (kN)
Ta : Periode fundamental pendekatan
TLOF : *Touchdown and Lift Off Area*
V : Gaya lateral atau geser (N)
Vc : Kekuatan geser nominal yang disediakan beton (N)
Ve : Kekuatan geser akibat beban gempa (N)
Vg : Kekuatan geser akibat beban gravitasi (N)
Vn : Kekuatan geser nominal (N)
Vs : Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser (N)
Vsway : Kekuatan geser akibat portal bergoyang (N)

- V_u : Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
 W : Beban (kgm, kNm, Tm)
 W_D : Beban mati (kN/m²)
 W_L : Beban hidup (kN/m²)
 W_p : Berat tiang pancang (N)
 W_w : Beban angin (kN/m²)
 WDI : *Wind Direction Indicator* (indikator penunjuk arah angin)
 α : Sudut yang menentukan orientasi tulangan
 α_{fm} : Nilai rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap lebar pelat
 β : Rasio dimensi
 δ : Faktor pembesaran momen untuk mencerminkan pengaruh kurvatur komponen struktur antara ujung-ujung komponen struktur tekan
 Δ : Simpangan antar lantai (mm)
 E_c : Modulus elastis beton (MPa)
 E_y : Modulus elastis baja (MPa)
 θ : Koefisien stabilitas
 λ : Faktor modifikasi yang merefleksikan properti mekanis tereduksi dari beton ringan semuanya relatif terhadap beton normal dengan kuat tekan yang sama
 ρ : Rasio tulangan tarik terhadap luas penampang
 ρ' : Rasio tulangan desak terhadap luas penampang
 ρ_b : Rasio tulangan tarik terhadap luas penampang kondisi regangan seimbang
 ρ_{max} : Rasio tulangan maksimum
 ρ_{min} : Rasio tulangan minimum
 ϕ : Diameter tulangan baja
 ϕ : Faktor reduksi kekuatan

ABSTRAK

Helipad merupakan tempat pendaratan sebuah helikopter, yang lokasinya dapat setinggi permukaan tanah maupun diatas gedung (*elevated*). Perencanaan landasan ditentukan dengan beban yang akan bekerja, beban tersebut berupa beban hidup dan beban mati. Beban hidup berasal dari berat kotor helikopter dan akses jalan (*taxiway*) yang disebabkan oleh pergerakan manusia dari dalam gedung menuju helikopter maupun sebaliknya, sedangkan beban mati berasal dari berat material pelat landasan itu sendiri. Untuk menahan beban-beban tersebut dibutuhkan struktur bangunan gedung kantor yang kokoh dengan material beton bertulang. Dalam menentukan jumlah tulangan digunakan analisa gaya-gaya dalam struktur menggunakan alat bantu aplikasi permodelan struktur ETABS. Selain kuat menahan beban secara vertikal akibat gravitasi, struktur bangunan harus kuat menahan beban horizontal yang diakibatkan oleh gaya gempa.

Metode perencanaan yang dilakukan dalam mendesain landasan helikopter dengan letak diatas gedung kantor yaitu dengan cara observatif dan studi literatur. Perencana mengamati kondisi tinggi bangunan disekitar parameter lahan rencana dan melakukan studi literatur dengan peraturan oleh Direktur Jenderal Perhubungan Udara. Kemudian metode yang digunakan dalam menganalisa kekuatan struktur bangunan dilakukan dengan menghitung kebutuhan tulangan pada tiap komponen struktur menggunakan bantuan komputer.

Hasil yang didapatkan dari perencanaan adalah dimensi dan batas layan dari landasan helikopter rencana yaitu panjang maksimum helikopter 18,8 meter dan berat maksimum 8,6 ton. Struktur bangunan gedung dapat menahan beban gravitasi maupun beban gempa pada lokasi rencana, dengan struktur atas menggunakan beton bertulang dan struktur bawah menggunakan pondasi telapak dengan material beton bertulang.

Kata kunci: landasan helikopter, gedung kantor, analisa struktur, beton bertulang

ABSTRACT

The helipad is the landing site of a helicopter, the location of which can be as high as the ground surface or above the building (elevated). The planning of a helipad is determined by the load that will work, the load is in the form of live loads and dead loads. The live load comes from the helicopter's gross weight and passenger access (taxiway) caused by human movement from within the building to the helicopter or otherwise, while the dead load comes from the weight of the plate's material itself. To withstand these loads, a sturdy office building structure with reinforced concrete is required. When determining the amount of reinforcement, an analysis of the forces in the structure is used using the ETABS structural modeling software. In addition to the vertical load of the gravity load, the building structure must also withstand horizontal loads caused by earthquake forces.

The planning method used in designing the helipad above the office building is through observation and literature study. Planners observe the state of the building height around the planned land parameters and conduct a literature study with prescriptions from the Director General of Civil Aviation. Then, the method used in analyzing the strength of building structures is used by calculating the reinforcement requirements for each part of the structure using computer software.

The results of the planning are the dimensions and service limits of the landing platform for the helicopter, the maximum length of the helicopter is 18.8 meters and the maximum weight is 8.6 tons. The structure of the building will withstand both gravity and earthquake loads at the planned site, with the upper structure using reinforced concrete and the lower structure a footplate foundation with reinforced concrete material.

Keywords: *helipad, office building, structure analysis, reinforced concrete*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kantor Kepolisian Daerah (Polda) di provinsi D.I.Yogyakarta merupakan satuan pelaksana utama kewilayahan tingkat I yang bertugas menyelenggarakan tugas Kepolisian Republik Indonesia. Di Indonesia sebanyak 32 Polda butuh dukungan helikopter (Dirpoludara Brigjen Pol Drs. Anang Syarif Hidayat, 2019), termasuk Polda DIY. Permasalahan yang ada pada pengoperasian penerbangan helikopter di Polda DIY selama ini yaitu penempatan yang tidak memenuhi standar teknis dan operasi mengenai keselamatan penerbangan sipil. Helikopter ditempatkan di lapangan terbuka yang mana akan membahayakan orang-orang disekitarnya akibat hembusan angin dengan kerikil maupun pasir akibat *rotor* helikopter itu sendiri. Sehingga perlu landasan helikopter (*helipad*) yang memenuhi standar keamanan.

Helipad adalah suatu area landasan pendaratan untuk helikopter yang dibuat dengan mengeraskan suatu permukaan yang jauh dari rintangan sehingga helikopter dapat mendarat dengan selamat. *Helipad* pada umumnya dibangun dari beton dan ditandai dengan suatu lingkaran atau suatu huruf “H” agar terlihat dari udara. Terdapat 2 tipe landasan helikopter berdasarkan letak penempatannya, yaitu setinggi permukaan tanah atau diatas permukaan tanah (*elevated*) yang akan menyesuaikan dengan ketersediaan lahan yang ada.

Untuk menunjang fasilitas landasan helikopter tersebut dibutuhkan struktur bangunan yang kuat dan aman. Material beton bertulang kerap digunakan sebagai kekuatan struktur utama suatu bangunan gedung, dikarenakan ketersediaan bahan yang mudah didapat, serta pengerjaan yang relatif mudah. Dalam merencanakan struktur bangunan yang dapat menahan beban helikopter ditentukan terlebih dahulu beban maksimum dari helikopter yang akan dijadikan sebagai acuan perencanaan. Beban tersebut berupa beban manusia dengan kapasitas maksimum

penumpang, beban dari bagasi (kargo), dan beban dari helikopter itu sendiri. Helikopter yang ditinjau pada penelitian ini adalah Super Puma L-2 (AS 332) yaitu helikopter yang digunakan oleh Presiden Republik Indonesia. Dengan begitu Presiden RI dapat melakukan perjalanan dari Bandara Internasional Yogyakarta (YIA) dengan aman dan nyaman menggunakan helikopter.

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis akan melakukan simulasi desain sebuah landasan helikopter yang direncanakan berada diatas bangunan gedung kantor 4 lantai dalam kawasan Kantor Polda DIY. Bangunan gedung yang akan didesain memiliki konfigurasi bangunan dengan lantai 1 untuk parkir kendaraan (bus, truk, dan sepeda motor), lantai 2 dan 3 untuk ruang kerja, sedangkan pada lantai 4 terdapat landasan helikopter dan ruang untuk mekanik. Bangunan ini akan ditempatkan di dalam kawasan Polda DIY dengan menggantikan bangunan *existing* yang berupa bangunan parkir bus dan truk dengan struktur baja (gudang), agar fungsi awal bangunan tetap ada.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana desain struktur bangunan beton bertulang dengan landasan helikopter yang tahan gempa pada Kepolisian Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta?

1.3 Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan ini adalah untuk mendapatkan desain struktur bangunan gedung beton bertulang dengan landasan helikopter yang memenuhi standar keamanan penerbangan sipil sebagai aplikasi ilmu yang telah didapat selama menempuh kuliah serta sebagai kontribusi anak purnawirawan polri.

1.4 Manfaat Perancangan

Manfaat dari perencanaan bangunan gedung 4 lantai dengan *helipad* ini adalah untuk mendapatkan detail struktur yang aman pada bangunan gedung

dengan landasan helikopter yang memenuhi standar teknis dengan memperhatikan keselamatan penerbangan sipil.

1.5 Batasan Perancangan

Batasan perancangan diperlukan agar penulisan dapat fokus dan terarah pada tujuan yang akan dicapai agar pembahasan tidak melebar. Batasan yang digunakan dalam perancangan ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Bangunan yang direncanakan adalah bangunan kantor dengan konfigurasi lantai 1 untuk parkir kendaraan, lantai 2 dan 3 untuk kantor, dan lantai 4 untuk landasan helikopter.
2. Struktur bangunan yang digunakan yaitu beton bertulang dengan mutu beton $f'c = 25$ Mpa.
3. Kondisi bangunan ditentukan sebagai berikut :
 - a) Fungsi bangunan : Perkantoran
 - b) Lokasi bangunan : Sleman, D.I.Yogyakarta
(wilayah gempa 3).
 - c) Jenis tanah : Sedang
 - d) Dimensi bangunan : 21 x 15 meter
 - e) Tinggi bangunan : 14 meter
 - f) Jumlah lantai : 4 dengan *helipad*
 - g) Struktur bangunan : Beton bertulang
 - h) Pondasi : Pondasi Tiang Pancang
4. Struktur menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus dengan daktilitas penuh.
5. Perencanaan beton struktural menggunakan peraturan SNI 2847/2013.
6. Perencanaan gempa menggunakan peraturan SNI 1726/2012.
7. Perencanaan *helipad* menggunakan peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 40 Tahun 2015.
8. Perencanaan struktur 3 Dimensi menggunakan *software* ETABS.
9. Gambar detail penulangan menggunakan *software* AutoCAD.

10. Perencanaan tidak meliputi Rencana Anggaran Biaya (RAB).

1.6 Keaslian Perancangan

Perancangan ini merupakan penelitian asli dan dapat dijamin keaslian. Perancangan yang dibuat belum pernah dilakukan oleh pihak lain karena objek perancangan merupakan desain baru yang belum ada sebelumnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan bangunan gedung memiliki arti sebuah proses dalam menghasilkan suatu bangunan yang dapat digunakan secara maksimal dan memiliki nilai jual salah satunya dalam sektor perekonomian seperti gedung perbankan, kantor usaha penyedia jasa, pasar sentral, dsb. Perencanaan gedung dapat dilakukan dengan berbagai macam program perencanaan yang ada saat ini seperti SAP2000, ETABS, maupun program asli dari Indonesia SANSIRO.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Sebagai bahan referensi pada perancangan bangunan ini, penulis akan memaparkan beberapa penelitian mengenai perancangan bangunan gedung dari studi serupa yang pernah dilakukan beserta hasil dari perancangannya. Adapun penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

2.2.1 Perencanaan Struktur Gedung Ruang Kuliah dan Kantor Fakultas Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan Daktilitas Penuh dan Terbatas.

Putra, Chandra Buana dan Wuryanto (2002) melakukan penelitian perencanaan struktur gedung beton bertulang tahan gempa di Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 ditetapkan tingkatan daktilitas rencana, yang dibagi dalam tiga kelas yaitu tingkat daktilitas 1 (elastis), tingkat daktilitas 2 (daktilitas terbatas), dan tingkat daktilitas 3 (daktilitas penuh). Penggunaan kelas daktilitas akan mempengaruhi dalam perhitungan kebutuhan tulangan yang diperlukan. Menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, 1987, Daerah

Istimewa Yogyakarta berada dalam wilayah gempa 3 yang memiliki resiko gempa yang cukup tinggi. Berdasarkan hal tersebut struktur utama gedung perlu dirancang tahan terhadap gempa, untuk mengurangi resiko kerusakan dan korban akibat gempa. Struktur dengan tingkat daktilitas 3 atau penuh, direncanakan terhadap beban siklis gempa sehingga mampu menjamin terjadinya sendi-sendi plastis. Selain itu perencanaan dengan daktilitas penuh dapat memengaruhi nilai ekonomis pada volume tulangan, tetapi pendetailan tulangan tersebut harus tepat agar struktur memiliki tingkat keamanan tinggi terhadap gempa.

Penelitian ini dilakukan dengan metode membandingkan hasil perhitungan tulangan antara perencanaan dengan daktilitas penuh dan daktilitas terbatas. Sehingga didapatkan nilai persentase dari perbandingan volume tulangan pada perencanaan daktilitas penuh dengan volume tulangan pada perencanaan daktilitas terbatas dengan hasil yang memiliki satuan persen (%).

Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa kebutuhan tulangan pokok balok hasil dari perhitungan daktilitas penuh memiliki jumlah lebih sedikit sebesar 75,05% dari kebutuhan tulangan pokok balok pada perhitungan daktilitas terbatas. Pada tulangan sengkang balok hasil dari perhitungan daktilitas penuh memiliki jumlah lebih banyak sebesar 169,74% dari kebutuhan tulangan sengkang balok pada perhitungan daktilitas terbatas. Pada tulangan pokok kolom hasil dari perhitungan daktilitas penuh memiliki jumlah lebih sedikit sebesar 75% dari kebutuhan tulangan pokok kolom pada perhitungan daktilitas terbatas. Pada tulangan sengkang kolom hasil dari perhitungan daktilitas penuh memiliki jumlah lebih banyak sebesar 228,88% dari kebutuhan tulangan sengkang kolom pada perhitungan daktilitas terbatas. Hasil akhir jumlah tulangan pada perhitungan daktilitas penuh lebih sedikit daripada jumlah tulangan pada perhitungan daktilitas terbatas dengan persentase 82,21%.

2.2.2 Perencanaan Gedung Sekolah 4 Lantai (1 Basement) dengan Prinsip Daktilitas Penuh di Daerah Sukoharjo.

Amin, Najib Al (2014) melakukan penelitian perencanaan struktur gedung beton bertulang dengan fungsi bangunan sekolah di daerah Sukoharjo.

Perencanaan gedung ini menggunakan prinsip daktail penuh dengan faktor gempa yang sesuai. Perhitungan yang dilakukan menggunakan bantuan *software* SAP2000 v. 8 nonlinear dan penggambaran menggunakan Autocad 2007. Gedung yang direncanakan berdiri di atas tanah keras dengan kedalaman tanah keras ≥ 10 m dari permukaan tanah asli. Komponen atap dari gedung yang direncanakan menggunakan rangka atap baja. Balok dan kolom direncanakan mampu menahan beban gempa dan gaya geser. Untuk pondasi digunakan struktur pondasi tiang pancang.

Penelitian tersebut menganalisa struktur pada rangka atap (kuda-kuda) dan portal beton bertulang pada gedung. Dengan tahapan perencanaan awal mengumpulkan data tes sondir, kemudian desain gambar rencana, kemudian menghitung struktur atap, kemudian menghitung tulangan pelat dan tangga. Selanjutnya mengasumsikan dimensi awal balok dan kolom, kemudian analisa pembebanan dengan memperhatikan beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Kemudian mengecek dimensi balok dan kolom, apabila sudah cukup dilanjutkan pada penulangan balok dan kolom. Setelah itu mengasumsikan dimensi pondasi, apabila cukup maka dilakukan penulangan pondasi. Kemudian membuat gambar detail dari hasil penulangan sebelumnya.

Hasil dari penelitian ini didapatkan hasil profil gording menggunakan baja profil lip kanal C150.65.20.3,2 dan rangka baja kuda-kuda menggunakan baja profil siku ganda 50.65.7 dan siku ganda 30.45.4 dengan sambungan las (L_n) pada $20 \text{ mm} \leq L_n \leq 80 \text{ mm}$ dengan plat kopel dan plat buhul setebal 10 mm. Pada hasil perencanaan pelat beton bertulang pada pelat lantai didapat sebesar 12 cm dan pelat atap didapat sebesar 10 cm dengan tulangan pokok D8. Pada hasil perencanaan balok induk didapat dimensi 300/500 mm dengan tulangan pokok D25 dan tulangan geser menggunakan 4dp10 dan 2dp10. Pada hasil perencanaan kolom didapat dimensi 500/500 mm dengan tulangan pokok D22 dan tulangan geser menggunakan 4dp10 dan 2dp10. Kemudian pada struktur pondasi tiang pancang beton bertulang meliputi *pile cap* pondasi menggunakan ukuran (2,5x2,5) m² setebal 50 cm dengan tulangan D16 dan jarak 130 mm. Pada 1 kelompok tiang pancang berjumlah 4 tiang dengan dimensi tiang pancang 25/25

cm dengan tulangan pokok 4D12 dan tulangan begel 2dp6-95. Pada sloof menggunakan dimensi 300/500 mm dengan tulangan pokok D16+D10 dan tulangan geser menggunakan 2dp10.

2.2.3 Perencanaan Konstruksi Struktur Atas serta Struktur *Helipad* pada Bangunan Rumah Sakit R. K. Charitas Palembang.

Sutehno, Winness (2014) melakukan penelitian pada gedung Rumah Sakit R. K. Charitas di Palembang. Gedung rumah sakit 8 lantai dengan konstruksi beton bertulang tersebut memiliki fasilitas landasan helikopter pada atapnya. Fasilitas *helipad* tersebut merupakan pertama yang ada pada rumah sakit di Palembang. Keuntungan suatu rumah sakit dengan memiliki fasilitas tersebut ialah pada tingkat pelayanan darurat yang membutuhkan tindakan cepat dapat menggunakan transportasi udara berupa helikopter. Struktur pondasi yang digunakan pada konstruksi gedung tersebut menggunakan *concrete spun pile*. Komponen kolom, balok dan pelat lantai menggunakan struktur beton bertulang termasuk *helipad* pada atapnya.

Penelitian tersebut dilakukan dengan metode analisis struktur menggunakan program SAP2000 v14 dengan analisis gempa dinamis respon spektrum. Dengan tahapan perencanaan pertama kali yaitu permodelan struktur dengan portal delapan lantai yang menggunakan pembebanan dari beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban gempa (*earthquake*). Kemudian dilakukan analisis dengan perhitungan pembebanan berdasarkan PPURG 1987 dan menggunakan SNI 1726-2012 untuk beban gempa. Tahapan kedua yaitu menentukan dimensi kolom, balok, pelat lantai, dan *helipad*. Tahapan ketiga yaitu menentukan jenis material struktur bangunan dan jenis perletakannya. Tahapan keempat yaitu merencanakan nilai beban yang akan bekerja pada bangunan, pembebanan yang digunakan yaitu beban mati dari bangunan itu sendiri yang berupa berat pelat lantai, pelat *helipad*, pasangan keramik, pasangan dinding setengah bata, plafond dengan penggantung, dan *Mechanical & Electrical*. Selain itu beban yang digunakan terdapat beban hidup yang meliputi beban hidup pada lantai, tangga, atap, *helipad*, daerah sekitar landasan, dan beban helikopter itu

sendiri. Kemudian beban gempa diperhitungkan dengan mencari koordinat pada rumah sakit tersebut melalui Desain Spektra Indonesia pada situs Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman (Puskim) dan memperoleh data-data parameter gempa dan respon spektrumnya termasuk klasifikasi situs tanah, kategori desain seismik, dan penentuan sistem struktur penahan gempa.

Hasil dari analisa struktur tersebut didapatkan penulangan tebal pelat pada *helipad* sebesar 14cm dan menggunakan tulangan D10-170 untuk arah sumbu X dan D10-180 untuk arah sumbu Y. Penulangan pada balok *helipad* dengan dimensi 350x700 mm didapat dengan menggunakan tulangan 7D25 untuk daerah tumpuan dan 6D25 untuk daerah lapangan. Penulangan pada kolom *helipad* dengan dimensi 750x750 mm didapat dengan menggunakan tulangan 16D22. Simpangan yang terjadi pada struktur bangunan tersebut didapat pada arah sumbu X sebesar 24,156 mm dan arah sumbu Y sebesar 18,381 mm, struktur tersebut dinyatakan aman dan nyaman karena simpangan yang terjadi di bawah ambang kinerja batas layan maupun kinerja batas ultimit. Dari kombinasi pembebanan yang diterapkan pada model struktur tersebut, yang paling mempengaruhi adalah kombinasi 2 karena adanya beban hidup tambahan berupa seunit helikopter sebesar 5,4 ton.

2.3 Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Berdasarkan uraian dari beberapa penelitian terdahulu, didapat kesimpulan perbandingan substansi yang digunakan dari penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan baik dari subjek, objek maupun metode yang terdapat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Penulis

Perbandingan Penelitian				
No	Judul Penelitian	Aspek Penelitian	Penelitian Sebelumnya	Penulis
1.	Putra, Chandra Buana dan Wuryanto (2002), Perencanaan Struktur Gedung Ruang Kuliah dan Kantor Fakultas Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan Daktilitas Penuh dan Terbatas.	a. Struktur konstruksi yang digunakan.	Pada penelitian tersebut digunakan struktur beton bertulang pada kolom, balok, pelat dan tangga.	Pada penelitian ini digunakan struktur beton bertulang pada kolom, balok, pelat lantai, pelat atap, pelat landasan helikopter, tangga, serta menggunakan pondasi tiang pancang.
		b. Objek penelitian	Pada penelitian tersebut peneliti membandingkan penggunaan analisa daktilitas terbatas dengan daktilitas penuh sehingga didapatkan perbandingan penggunaan jumlah tulangan pada struktur.	Peneliti memiliki objek penelitian beban helikopter pada struktur gedung kantor tersebut untuk mendapatkan hasil dimensi dan tulangan yang diperlukan pada struktur itu sendiri.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Penulis

Perbandingan Penelitian				
No	Judul Penelitian	Aspek Penelitian	Penelitian Sebelumnya	Penulis
		c. Metode yang digunakan	Penelitian tersebut menggunakan metode perbandingan, yaitu dengan membandingkan analisa perhitungan struktur dengan daktilitas terbatas dan daktilitas penuh.	Peneliti menggunakan metode analisa struktur bangunan dengan Program ETABS, sehingga mendapatkan hasil penulangan pada tiap elemen strukturnya.
		d. Lokasi perencanaan	Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan wilayah gempa 3.	Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan wilayah gempa 3.
2.	Amin, Najib Al (2014), Perencanaan Gedung Sekolah 4 Lantai (1 Basement) dengan Prinsip Daktail Penuh di Daerah Sukoharjo.	a. Struktur konstruksi yang digunakan.	Penelitian tersebut menggunakan rangka atap dengan baja profil, dan menggunakan beton bertulang pada kolom, balok, pelat dan pondasi tiang pancang.	Peneliti menggunakan struktur beton bertulang pada pelat atap, begitupula dengan pelat lantai, pelat landasan helikopter, kolom, balok, tangga dan pondasi tiang pancang.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Penulis

Perbandingan Penelitian				
No	Judul Penelitian	Aspek Penelitian	Penelitian Sebelumnya	Penulis
		b. Objek penelitian	Pada penelitian tersebut peneliti menggunakan prinsip daktail penuh pada struktur bangunannya untuk mendapatkan hasil penulangan maupun profil baja yang digunakan pada atap.	Peneliti mendapatkan hasil penulangan pada komponen struktur bangunan terutama pada pelat landasan helikopter dengan prinsip daktail penuh dalam menganalisa struktur bangunan kantor.
		c. Metode yang digunakan	Penelitian tersebut menggunakan metode analisis struktur dengan program SAP2000 v8 nonlinear.	Peneliti menggunakan metode analisis struktur dengan program ETABS.
		d. Lokasi perencanaan	Provinsi Jawa Tengah, Kabupaten Sukoharjo, wilayah gempu 3.	Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, wilayah gempu 3.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Penulis

Perbandingan Penelitian				
No	Judul Penelitian	Aspek Penelitian	Penelitian Sebelumnya	Penulis
3.	Sutehno, Winness (2014), Perencanaan Konstruksi Struktur Atas serta Struktur Helipad pada Bangunan Rumah Sakit R. K. Charitas Palembang.	a. Struktur konstruksi yang digunakan.	Penelitian tersebut menggunakan struktur bangunan beton bertulang pada kolom, balok, pelat, <i>helipad</i> , dan pondasi spun pile.	Peneliti menggunakan struktur bangunan beton bertulang pada kolom, balok, pelat, pelat landasan helikopter, dan pondasi tiang pancang.
		b. Objek penelitian	Pada penelitian tersebut, memiliki objek penelitian pada analisis struktur dengan hasil penulangan pada pelat landasan helikopter, kolom dan balok, serta mengetahui besaran simpangan yang terjadi pada bangunan.	Penelitian ini memiliki objek penelitian pada analisis struktur dengan hasil penulangan pada kolom, balok, pelat, pelat landasan helikopter, tangga dan pondasi.
		c. Metode yang digunakan	Penelitian tersebut menggunakan metode analisis struktur dengan program SAP2000 v14.	Peneliti menggunakan metode analisis struktur dengan program ETABS.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Substansi Penelitian Terdahulu dan Penulis

Perbandingan Penelitian				
No	Judul Penelitian	Aspek Penelitian	Penelitian Sebelumnya	Penulis
		d. Lokasi perencanaan	Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan, wilayah gempu 2.	Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, wilayah gempu 3.

(Sumber : Putra, Chandra Buana dan Wuryanto (2002), Amin, Najib Al (2014), Sutehno, Winness (2014))

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Dasar Perencanaan Struktur Beton Bertulang

Dasar perencanaan struktur beton bertulang meliputi peraturan-peraturan dan pedoman, analisis struktur, perencanaan struktur portal (kolom dan balok), pondasi tiang pancang, struktur pelat lantai, atap dan *helipad*, serta penulangan dari masing-masing elemen struktur tersebut.

3.1.1 Peraturan-Peraturan

Peraturan-peraturan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. SNI 2847-2013 Peraturan Beton Struktural Untuk Gedung
2. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
3. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. KP 40 Tahun 2015.
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.

3.1.2 Pembebanan

Beban yang digunakan pada perencanaan gedung kantor ini meliputi :

1. Beban Mati

Beban mati sesuai dengan SNI 1727-2013, ditetapkan seperti tercantum pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Beban Mati

No	Jenis Material	Beban
1.	Beton Bertulang	24 kN/m ³
2.	Pasir Urug	18 kN/m ³
3.	Keramik (per 1 cm tebal)	0,24 kN/m ²

Lanjutan Tabel 3.1 Beban Mati

4.	Spesi penutup lantai (per 1 cm tebal)	0,21 kN/m ²
5.	Plafond dan Penggantung	0,18 kN/m ²
6.	Dinding setengah bata	2,5 kN/m ²
7.	Ducting AC	0,18 kN/m ²
8.	<i>Mechanical & Electrical</i>	0,25 kN/m ²
9.	Waterproofing	18,63 kN/m ³

(Sumber : SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain)

2. Beban Hidup

Beban hidup sesuai dengan SNI 1727-2013, ditetapkan seperti tercantum pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Beban Hidup

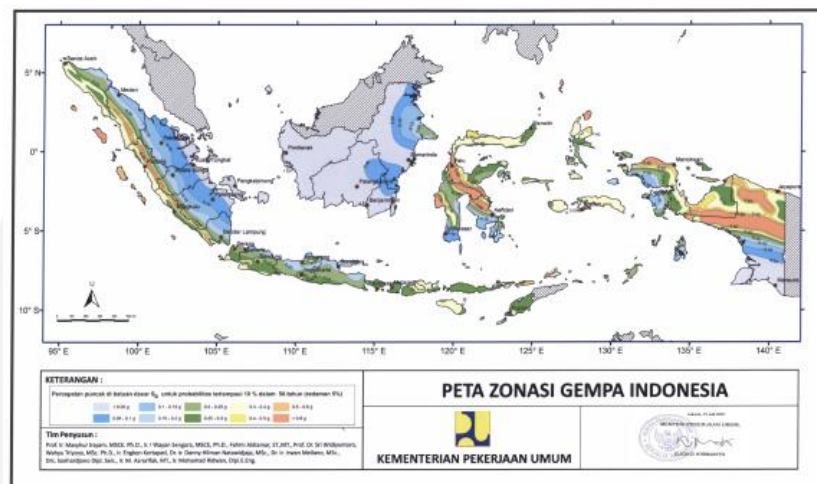
No	Jenis Beban Hidup	Beban
1.	Ruang Kantor	2,4 kN/m ²
2.	Koridor diatas lantai pertama	3,83 kN/m ²
3.	Garasi Truk dan Bus	1,92 kN/m ²
4.	<i>Helipad</i>	2,87 kN/m ² (tidak boleh direduksi)
5.	Atap	1 kN/m ²
6.	Beban air hujan (ditafsir 5 cm genangan)	0,5 kN/m ²

(Sumber : SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain)

3. Beban Gempa

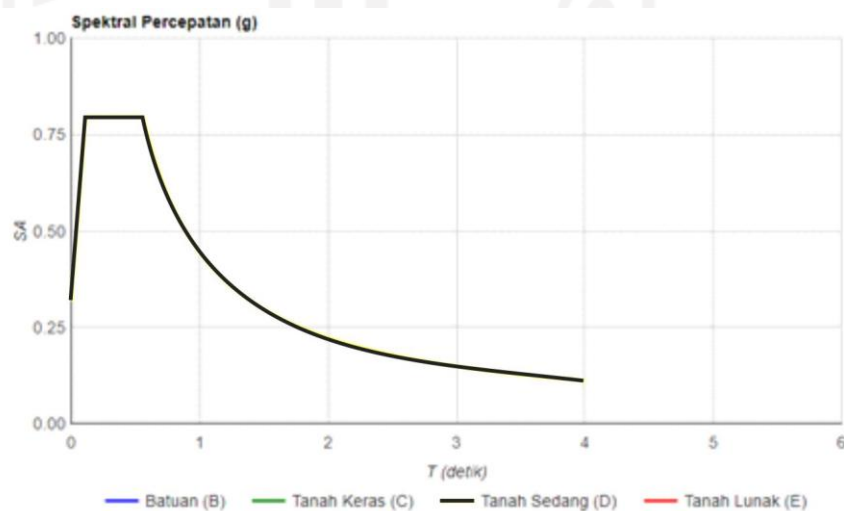
Penelitian ini merencanakan gedung yang akan dibangun di kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan jenis tanah sedang. Perhitungan pembebanan gempa dapat dihitung berdasarkan SNI 1726-2012 tentang tata cara

perencanaan ketahanan gempa untuk gedung. Grafik respon spektrum didapat dari situs puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ dengan contoh pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.1 Peta Wilayah Gempa di Indonesia

(Sumber : [Puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/) diakses pada 11 Oktober 2019)



Gambar 3.2 Respon Spektrum pada Lokasi yang Ditinjau

(Sumber : [Puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/) diakses pada 11 Oktober 2019)

Dalam menentukan gaya lateral ekuivalen diperlukan beban gempa ditiap lantainya. Pada pasal 7.8.3 dalam SNI 1726-2012 dalam mencari gaya lateral ekuivalen menggunakan rumus :

$$F_x = C_{vx} \times V$$

dengan :

F_x = Gaya gempa lateral (detik)

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

Untuk menentukan C_{vx} menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_{vx} = \frac{W \times H \times K}{\sum W \times H \times K}$$

dengan :

W = Beban gempa (kgm)

H = Tinggi lantai (akumulatif)

K = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

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

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

k untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Untuk menentukan V menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = C_s \times \sum W$$

dengan :

C_s = Koefisien Respon Seismik, didapat dari SNI 1726-2012 pada halaman 54-55. Diambil nilai terbesar dari keempat persamaan yang ada.

3.2 Analisis Struktur

Analisis struktur menggunakan program komputer ETABS untuk permodelan struktur gedung dengan langkah awal membuat *grid* sesuai *preliminary design*, kemudian menentukan material dan ukuran masing-masing

penampang balok dan kolom, perletakan pelat, serta merencanakan tangga dengan menghitung reaksi yang terjadi pada pelat tangga dan bordes, kemudian menggambar balok untuk bordes tersebut pada permodelan struktur yang ada. Pembebanan kombinasi yang disesuaikan dengan beban titik maupun beban merata. Data-data yang diperoleh dari hasil analisis berupa momen ultimit balok, kolom, dan gaya reaksi pondasi untuk di analisis kebutuhan tulangan pada masing-masing komponen struktur bangunan tersebut.

3.3 Perencanaan Pelat

Pelat lantai atau *slab* merupakan suatu konstruksi yang menumpang pada balok. Pelat lantai direncanakan mampu menahan beban mati dan beban hidup pada waktu pelaksanaan konstruksi maupun pada waktu gedung dioperasikan. Pada perancangan ini pelat lantai menggunakan sistem konvensional dan dibuat monolit dengan balok. Pada perencanaan ini diambil tebal pelat sesuai SNI 2847-2013 dengan penentuan tebal apabila :

$L_y/L_x \geq 2$ pelat lantai tipe satu arah menggunakan rumus :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

$L_y/L_x < 2$ pelat lantai tipe dua arah menggunakan rumus :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dengan :

L_y = bentang panjang pelat (mm)

L_x = bentang pendek pelat (mm)

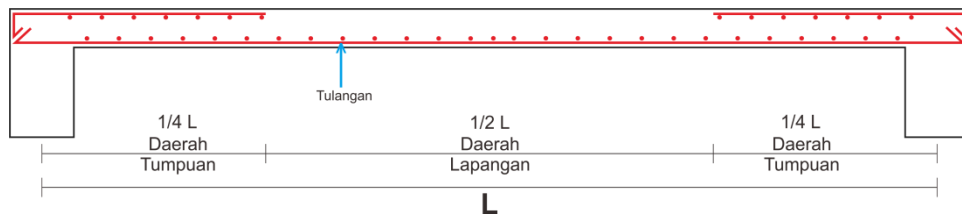
α_{fm} = nilai rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap lebar pelat

h = tebal minimal pelat (mm)

\ln = sisi panjang bersih pelat (mm)

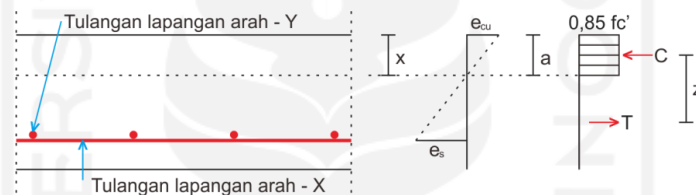
f_y = kuat leleh tulangan (MPa)

β = rasio dimensi panjang terhadap pendek bentang bersih pelat

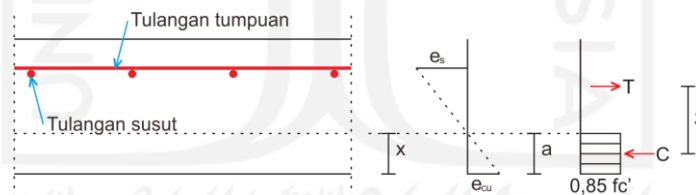


Gambar 3.3 Potongan Pelat

Analisis penulangan pada pelat dimaksudkan untuk mengetahui ukuran tulangan dan jarak dalam pemasangan tulangan pada pelat yang direncanakan dengan cara mengetahui nilai kekuatan lentur pelat tersebut. Untuk memastikan keamanan pada pelat tersebut dilakukan analisa perhitungan kontrol kapasitas penampang terhadap lentur dan kontrol kapasitas penampang terhadap geser.



Gambar 3.4 Penulangan Pelat Daerah Lapangan



Gambar 3.5 Penulangan Pelat Daerah Tumpuan

3.4 Perencanaan Balok

Balok adalah bagian dari konstruksi yang berfungsi memikul beban lantai dan beban lain yang bekerja di atasnya dan kemudian menyalurkan beban tersebut ke kolom-kolom. Balok juga berfungsi membagi-bagi pelat menjadi segmen-segmen dan sebagai pengikat kolom yang satu dengan yang lainnya sehingga diperoleh struktur yang kaku dan kokoh. Balok anak berfungsi untuk mengurangi lendutan pada pelat dan meneruskan beban dari plat ke balok induk.

Estimasi dimensi balok berupa tinggi dan lebar balok tersebut ditinjau dari panjang bentang balok itu sendiri. Tinggi balok induk diambil nilai 1/12 dari panjang bentang balok, tinggi balok anak diambil nilai 1/15 dari panjang bentang balok anak, dan tinggi balok kantilever diambil nilai 1/8 dari panjang bentang balok kantilever. Untuk menentukan lebar balok diambil setengah dari tinggi balok dan minimal 150mm.

Perhitungan penulangan balok pada saat kondisi *balance* dengan rumus :

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \times 0,85 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}, \text{ untuk kontrol gaya-gaya horizontal :}$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = \rho \cdot b \cdot h \cdot f_y$$

$$a = \frac{f_y}{f'c \cdot 0,85} \rho \cdot h$$

dengan :

ρ = rasio tulangan

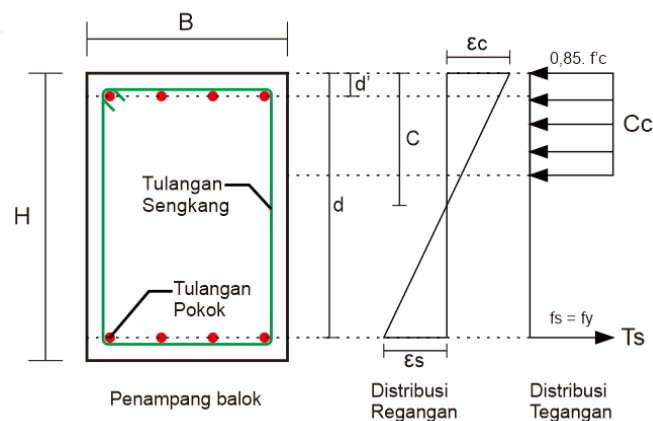
$f'c$ = mutu beton (MPa)

f_y = mutu baja (MPa)

b = lebar balok (mm)

h = tinggi balok (mm)

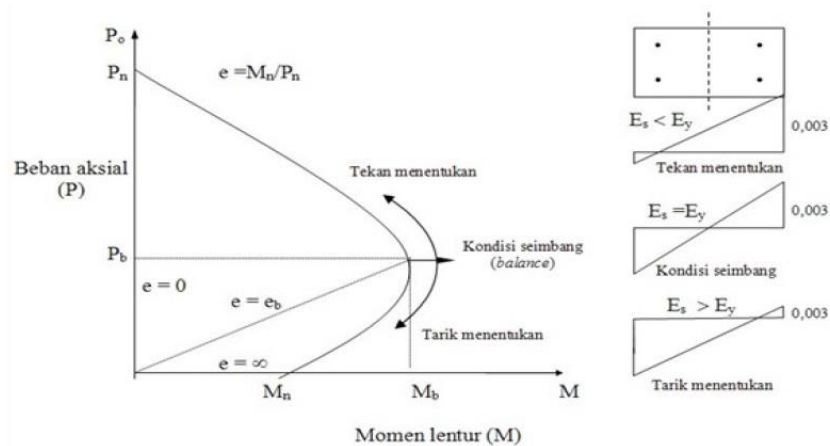
$\beta_1 = 0,85$ untuk $f'c \leq 30$ MPa dan $0,85 - 0,008(f'c - 30)$ untuk $f'c > 30$ MPa



Gambar 3.6 Potongan Melintang Balok

3.5 Perencanaan Kolom

Kolom bangunan merupakan suatu konstruksi yang menopang beban balok dan pelat lantai yang akan diteruskan ke tanah dasar keras melalui pondasi. Kolom direncanakan lebih kuat dari balok (*Strong-Column Weak-Beam*) agar gaya-gaya lateral tersebar merata untuk meminimalisir keruntuhan lokal. Kolom yang direncanakan pada perancangan kantor ini memiliki rasio dimensi 1:1 dengan ukuran (H) 600 mm x (B) 600 mm untuk kolom tipe 1 dan ukuran (H) 400 mm x (B) 400 mm untuk kolom tipe 2, ukuran berupa asumsi peneliti yang akan dianalisa. Perencanaan desain kolom menggunakan grafik Mn-Pn (momen dengan beban aksial).



Gambar 3.7 Diagram Interaksi Kolom P dan M

(Sumber : Wang, 1993)

Persamaan gaya aksial nominal untuk kolom dapat dinyatakan sebagai berikut (E.G. Nawy., 1998) :

$$P_n = (0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a) + (A_s' \cdot x \cdot f_s') - (A_s \cdot f_s)$$

$$M_n = P_n \cdot e$$

$$M_n = (0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a \cdot \left(y - \frac{a}{2}\right) + A_s' \cdot f_s' \cdot (y - d) \cdot A_s \cdot f_s \cdot (d - y)$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 tentang tata cara perencanaan beton untuk bangunan gedung, kuat rencana kolom sengkang tidak boleh lebih dari :

$$\phi P_n = 0,8 \cdot \phi \cdot (A_s - A_{st}) \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a + A_{st} \cdot f_y$$

dengan :

P_n = kuat aksial nominal (N)

M_n = kuat lentur nominal (Nmm)

A_{st} = luas total penampang tulangan memanjang kolom (mm^2)

f_s = tegangan tarik dalam tulangan saat beban layan (MPa)

f_s' = tegangan dalam tulangan tekan yang terkena beban terfaktor (MPa)

3.6 Hubungan Balok Kolom

Hubungan pertemuan antara balok dengan kolom memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada, karena tulangan sisi atas dari balok pada satu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan bersamaan dengan itu tulangan sisi atas dari balok pada sisi yang lain mengalami tegangan tekan. Begitupula pada tulangan sisi bawah balok masing-masing mengalami tegangan yang sebaliknya. Prinsip yang digunakan pada perencanaan gedung ini yaitu *Strong Column Weak Beam*, prinsip tersebut membentuk perilaku *beam sway mechanism*. Diharapkan sendi-sendi plastis terjadi pada ujung-ujung balok agar tetap utuh dan tidak mengalami keretakan agar tetap mampu menjadi pengekang terhadap kolom maupun balok tersebut. Berikut rumus yang digunakan untuk mencari gaya geser berdasarkan SK SNI 1991 :

$$V_{col} = \frac{\left(\frac{L_b}{L_{b'}} \times M_{pr}^{-}\right) + \left(\frac{L_b}{L_{b'}} \times M_{pr}^{+}\right)}{0,5(h_1 + h_2)}$$

dengan :

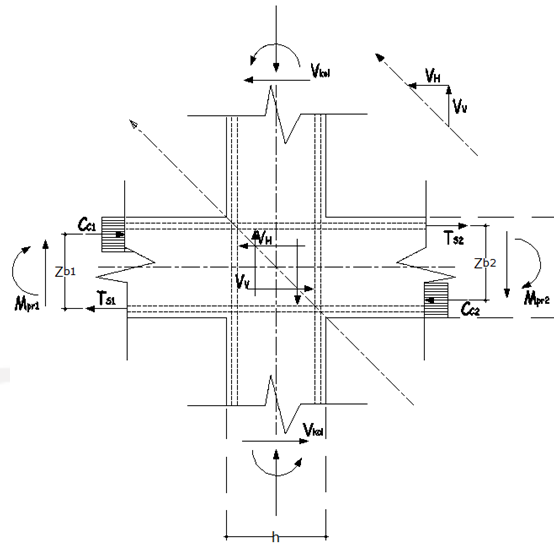
V = kekutan geser (kN)

L_b = panjang balok (mm)

$L_{b'}$ = $L_b - 2 \times (0,5 \times B_{kolom})$ (mm)

M_{pr} = kuat lentur probabilitas (kNm)

h = tinggi kolom (mm)



Gambar 3.8 Gaya-gaya pada Hubungan Balok Kolom

(sumber : <http://www.perencanaanstruktur.com/2014/08/desain-perencanaan-hubungan-balok-kolom.html> diakses pada 5 November 2019)

3.7 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi merupakan bagian struktur bangunan yang terbuat dari beton bertulang yang berguna untuk meneruskan serta mendistribusikan beban dari konstruksi struktur di atasnya ke lapisan tanah keras. Suatu bangunan secara garis besar dapat dibagi menjadi dua bagian pokok yaitu struktur atas (*Upper Structure*) dan struktur bawah (*Sub Structure*). Struktur atas adalah bagian bangunan yang menerima beban-beban secara langsung, baik beban hidup gravitasi, angin maupun gempa. Beban tersebut akan disalurkan ke pondasi melalui kolom-kolom struktur, selanjutnya oleh pondasi beban tersebut akan disalurkan kedalam tanah dasar. Rumus daya dukung izin tekan menggunakan metode Meyerhoff :

$$P_a = P_p / FK_1 + P_s / FK_2 - W_p$$

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK_1} + \frac{(\sum I_i x f_i) \times A_{st}}{FK_2} - (BJ \text{ beton bertulang} \times A_p \times L)$$

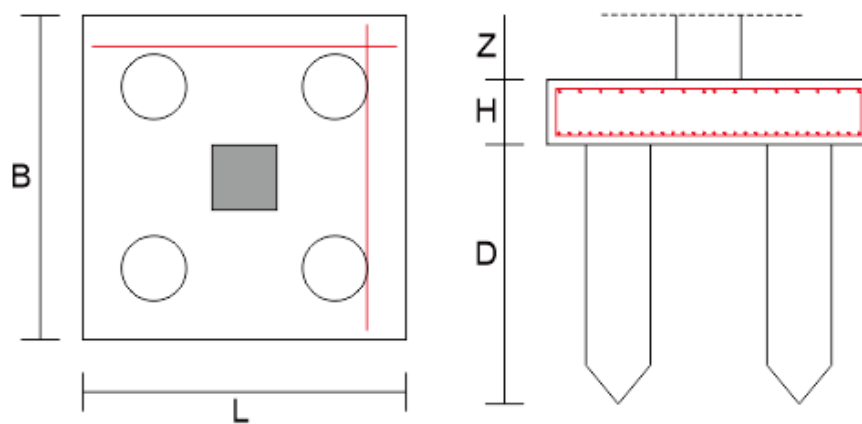
Dengan :

P_a = daya dukung izin tekan tiang (kN)

P_p = kuat dukung ujung tiang pancang (kN)

P_s = kuat dukung friksi selimut tiang pancang (kN)

- W_p = Berat Tiang (kN)
 q_c = tahanan ujung konus sondir (dari Uji N-SPT)
 A_{st} = luas permukaan dinding tiang (m^2)
 A_p = luas penampang tiang (m^2)
 l_i = panjang segmen tuang yang ditinjau (m)
 f_i = gaya geser pada selimut segmen tiang . (kN/m^2)
 FK_1, FK_2 = faktor keamanan , 3 dan 5



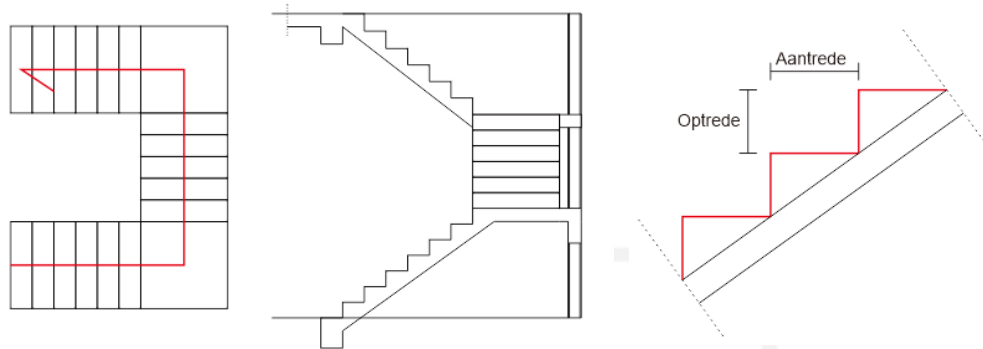
Gambar 3.9 Profil Pondasi Telapak

Untuk mendapatkan dimensi pondasi yang aman dari suatu perencanaan dengan program rancang struktur ETABS, hal yang dilakukan yaitu menyeleksi seluruh titik tumpuan pondasi pada permodelan struktur yang dimaksudkan untuk mendapatkan besaran gaya aksial (P) dan momen (M_x dan M_y) yang diakibatkan oleh beban mati (DL), beban hidup (LL), dan beban gempa (R_{sx} dan R_{sy}).

3.8 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur sebagai penghubung antar lantai dalam suatu bangunan gedung. Tangga terdiri dari beberapa bagian yaitu anak tangga tempat kaki berpijak dengan ketinggian dan lebar yang disesuaikan, pelat tangga, dan bordes yaitu sisi tangga yang menempel pada dinding dan menyerupai pelat lantai. Denah tangga dalam perencanaan ini memiliki tiga macam bentuk

karena ketinggian lantai yang berbeda, berikut merupakan contoh gambaran dari konfigurasi tangga :



Gambar 3.10 Profil Tangga Beton Bertulang

Pada penelitian ini terdapat perbedaan tinggi antar lantai sehingga konfigurasi tangga yang direncanakan terdapat perbedaan pada denah, jumlah anak tangga, *optrede* (tinggi anak tangga) dan *antrade* (lebar anak tangga) dari tangga tersebut. Perencanaan anak tangga agar nyaman saat dipakai harus mengacu pada syarat ($2 \times \text{optrede} + \text{antrade} = 59-65 \text{ cm}$). Dan untuk menentukan tebal minimal pelat pada tangga menggunakan rumus sebagai berikut :

$$H = \left(\frac{L}{20} \right) \times \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right)$$

Dengan :

H = tebal pelat tangga (mm)

L = panjang miring pelat tangga (mm)

f_y = mutu baja tulangan (MPa)

Pembebanan pada pelat tangga dan bordes ditinjau dari jenis beban yang terjadi pada pelat itu sendiri, beban yang dimaksud adalah beban mati dan beban hidup. Beban mati pada perhitungan kali ini tersusun oleh beban pelat sendiri, beban spesi / adukan, beban pasangan keramik, dan beban dari sandaran. Kemudian beban hidup pada perencanaan tangga dalam penelitian ini tersusun oleh beban manusia dengan faktor barang bawaan.

3.9 Perencanaan Landasan Helikopter (*Helipad*)

Dasar dari perencanaan landasan helikopter menggunakan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 40 Tahun 2015 tentang Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil - Bagian 139 Volume II Tempat Pendaratan dan Lepas Landas Helikopter. Dengan dasar tersebut diharapkan perencanaan *helipad* pada penelitian ini telah memenuhi standar dari segi teknik bangunan sipil dan dari segi keselamatan penerbangan.

3.9.1 Pendahuluan

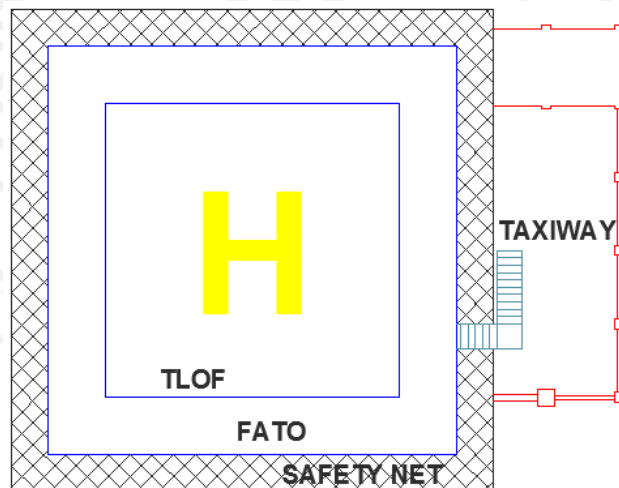
Helipad direncanakan dengan mengeraskan dan menebalkan pelat lantai menimbang pada beban yang terdapat pada helikopter itu sendiri, dengan para penumpang dan kru helikopter serta barang bawaan penumpang maupun di bagasi. Helikopter yang menjadi acuan perencanaan yaitu helikopter kenegaraan untuk Presiden Republik Indonesia dengan jenis Super Puma L-2 (AS 332) tetapi tidak menutup kemungkinan untuk helikopter lain yang akan menggunakan *helipad* tersebut dengan perhitungan beban helikopter yang setara atau dibawahnya.

Berdasarkan data denah lapangan dengan lahan yang terbatas, peneliti merencanakan tipe landasan helikopter tersebut dengan *Elevated Heliport* dengan pengertian bahwa posisi / letak landasan tersebut di atas struktur bangunan di atas tanah. Penentuan tipe tersebut tidak melupakan dengan aspek *obstacle* yang ada, yaitu objek benda tetap (permanen atau sementara) dan objek benda bergerak yang terletak pada wilayah yang digunakan untuk pergerakan helikopter yang dimaksudkan untuk menjaga keselamatan helikopter yang sedang dalam penerbangan (*in flight*).

3.9.2 Karakteristik Fisik *Helipad*

Helipad memiliki beberapa bagian dengan nama dan fungsinya masing-masing. Secara garis besar, bagian tersebut dibagi menjadi empat bagian yaitu TLOF (*Touch Down and Lift Off Areas*), FATO (*Final Approach and Take Off Area*), *Safety Zone*, dan *Taxiway*. TLOF adalah area dimana helikopter berhenti

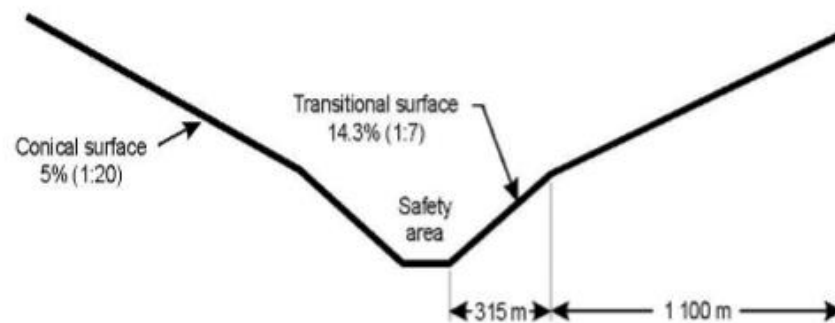
untuk mendarat, dan akan mengudara kembali, TLOF diberi simbol khusus dengan huruf “H” untuk menandakan tempat dimana pilot helikopter harus mendaratkan helikopter tersebut. Hubungan simbol tersebut dengan desain struktur gedung yaitu penempatan beban rencana yang akan diterima oleh pelat struktur itu sendiri. Pelat yang direncanakan sebagai TLOF harus memiliki kemiringan / *slope* kurang dari 2% dan pada permukaannya tidak licin. FATO adalah area tertentu untuk fase akhir dari manuver pendekatan untuk *hover* atau *landing* selesai dilaksanakan dan dimana *take-off* manuver dimulai. Pada perencanaan ini TLOF dengan FATO berhimpitan dapat dikatakan menjadi satu bagian dikarenakan keterbatasan lahan, hal ini diperbolehkan pada kasus *helipad* dengan tipe *elevated*. Pada bagian *Safety Zone* diberikan jaring pelindung (*safety net*) sepanjang 1,5 m dan memutar daerah *helipad* dengan karakteristik jaring yang elastis, tidak bersifat memantulkan objek, dan daya dukung beban minimal 75 kg. Akses jalan yang tersedia sebagai *Taxiway* berupa tangga dengan rangka baja yang menghubungkan lantai atap dengan *helipad* itu sendiri. Berikut contoh gambar ilustrasi dari bagian-bagian tersebut.



Gambar 3.11 Bagian-bagian *Helipad*

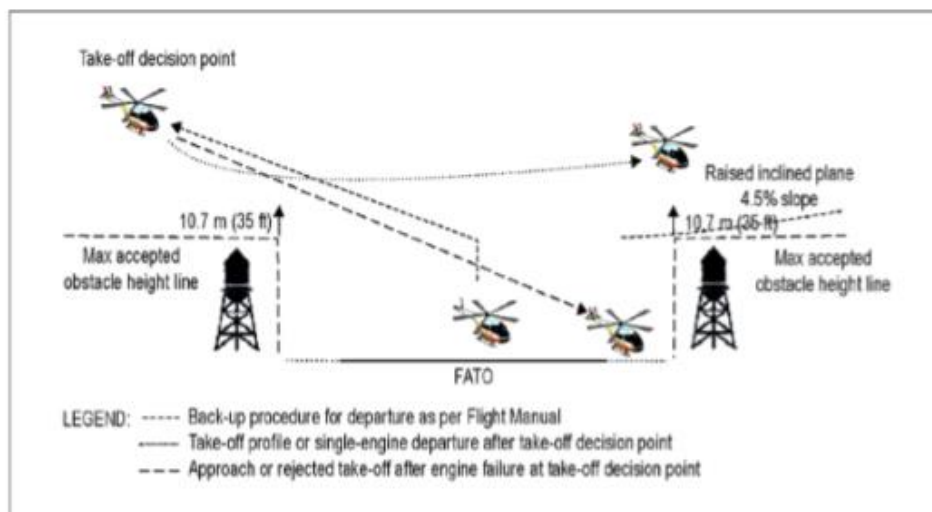
3.9.3 Pembatasan Rintangan

Area landasan helikopter harus aman dari rintangan-rintangan akibat objek atau bangunan disekitarnya, untuk memastikan keselamatan saat pengoperasian helikopter sewaktu lepas landas maupun akan mendarat. Batasan rintangan tersebut dibedakan berdasarkan tipe landasan itu sendiri.



Gambar 3.12 *Obstacle Limitation Surface* tanpa *inner horizontal surface*

(sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 40 Tahun 2015)



Gambar 3.13 *Ilustrasi Bertambahnya Kecuraman Pendekatan Helikopter Selama Pengoperasian*

(sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 40 Tahun 2015)

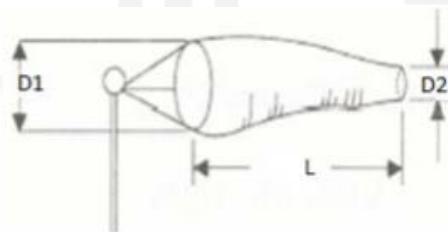
3.9.4 Alat Bantu Visual

Untuk memberikan kemudahan dan kenyamanan seorang pilot dalam mengoperasikan lepas landas ataupun mendaratkan helikopter. Alat bantu visual tersebut berupa objek sebagai pemberi tanda arah angin (*wind direction indicator*), sistem penerangan yang sesuai standar teknis penerbangan, serta marka sebagai penanda yang memberikan informasi mengenai landasan itu sendiri. *Wind Direction Indicator* menggunakan bahan yang ringan dan ditempatkan di suatu tempat yang dapat mengilustrasikan kondisi angin disekitar FATO dan TLOF, bebas dari pengaruh turbulensi angin yang disebabkan *rotor downwash*. Berikut spesifikasi dari WDI untuk *surface helipad* dan *elevated helipad* :

Tabel 3.3 Dimensi Wind Direction Indicator (WDI)

Dimensi	<i>SURFACE LEVEL HELIPAD</i>	<i>ELEVATED HELIPAD</i>
Panjang (L)	2,4 m	1,2 m
Diameter awal (D1)	0,6 m	0,3 m
Diameter akhir (D2)	0,3 m	0,15 m

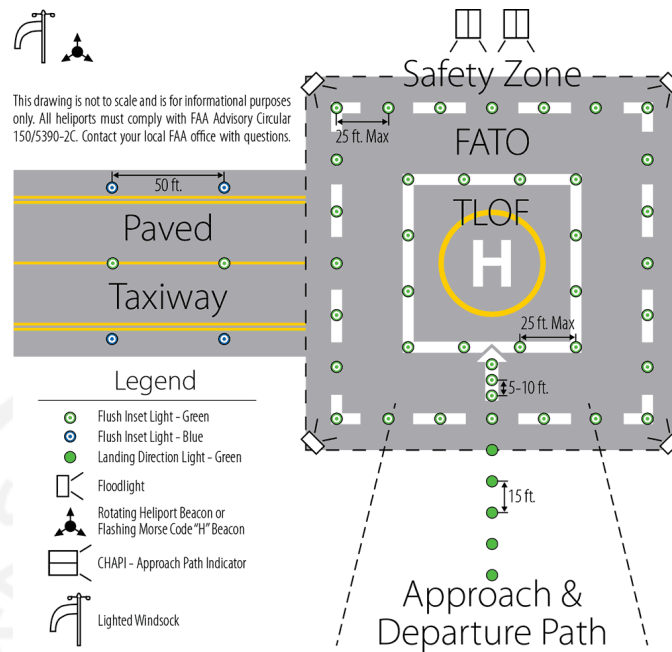
(sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 40 Tahun 2015)



Gambar 3.14 Wind Direction Indicator (WDI)

(sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 40 Tahun 2015)

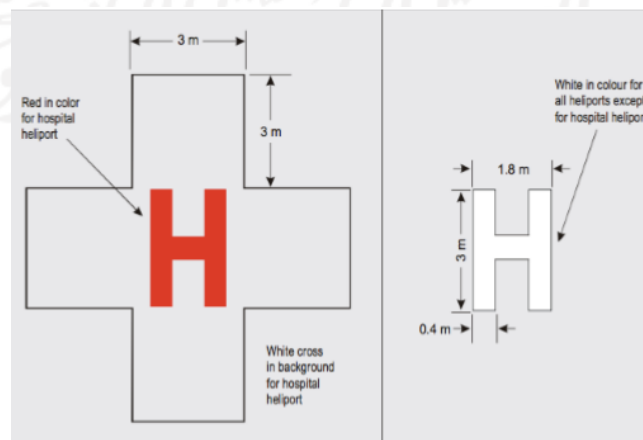
Sistem penerangan pada helipad terdiri dari *beacon* yang berfungsi sebagai penanda ketinggian permukaan landasan, *floodlight* yang berfungsi sebagai lampu sorot utama landasan untuk pengoperasian helikopter pada malam hari, kemudian *approach light system* yang berupa *inset light* pada area FATO dan TLOF untuk memberikan tanda batasan area pendaratan pada malam hari kepada pilot.



Gambar 3.15 Sistem Penerangan Helipad

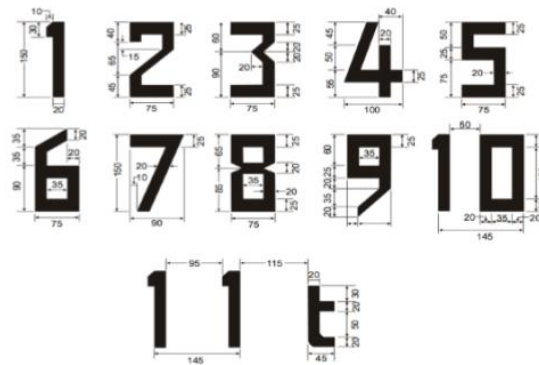
(sumber : <https://heliportlighting.com/heliport-design/> diakses pada 22 Oktober 2019)

Marka dalam landasan helikopter yang utama adalah simbol H sebagai penanda dimana pilot harus mendaratkan helikopternya, dikarenakan pada bagian tersebut telah direncanakan kekuatan strukturnya untuk menerima beban helikopter. *Maximum Allowable Mass Marking* adalah marka yang memberikan informasi daya dukung terhadap helikopter yang beroperasi dengan tata penulisan dari dua digit angka dengan diikuti huruf "t" sebagai penanda satuan Ton.



Gambar 3.16 Dimensi Marka Identifikasi

(sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 40 Tahun 2015)



Gambar 3.17 Ukuran D-Value Marking (dalam satuan centimeter)

(sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 40 Tahun 2015)

3.9.5 Fasilitas Pendukung dan Keselamatan

Untuk menunjang pengoperasian landasan helikopter pada penelitian ini, direncanakan pula pengadaan fasilitas pendukung bagi personil yang bekerja berupa fasilitas pemantau cuaca dan radio *very high frequency* (VHF). Dan untuk memperhatikan faktor keamanan saat pengoperasian landasan helikopter, disediakan fasilitas berupa *rescue and fire fighting* dengan perlengkapan alat-alat penyelamatan seperti kapak, pemotong baut, linggis, selimut tahan api, tangga, sarung tangan tahan api, dan paling utama yaitu alat pemadam api.

3.9.6 Helikopter yang Digunakan

Helikopter yang akan menjadi acuan desain perencanaan gedung ini adalah jenis Super Puma yang dibuat oleh Aérospatiale Perancis yang sekarang diproduksi oleh Eurocopter dengan fungsi sebagai pengangkut medium multifungsi dengan mesin ganda. PT Dirgantara Indonesia telah membeli lisensi helikopter tersebut dan mampu membuat helikopter jenis Super Puma tersebut dengan kode AS 332. Spesifikasi dari helikopter tersebut adalah sebagai berikut :

Kapasitas	= 18-24 Orang + 2 Kru
Panjang badan	= 16,29 m
Panjang total	= 18,70 m
Diameter baling-baling	= 15,6 m
Berat kosong	= 4460 kg

Berat maksimum = 8600 kg
 Tipe tumpuan pendaratan = Roda



Gambar 3.18 Super Puma AS 332 Tampak Samping

(sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocopter_AS332_Super_Puma diakses pada 22 Oktober 2019)



Gambar 3.19 Super Puma AS 332 Tampak Depan

(sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocopter_AS332_Super_Puma diakses pada 22 Oktober 2019)

Beban rencana landasan sesuai dengan SNI 1727-2013 tentang Pembebanan untuk Gedung dan Bangunan Lain, pada halaman 26 disebutkan bahwa beban hidup terdistribusi merata minimum sebesar 60 psf atau 2,87 kN/m² yang tidak boleh di reduksi. Beban hidup pada daerah diluar landasan diambil minimum 2 kN/m² berdasarkan PPURG 1987. Selain itu landasan helikopter harus didesain untuk menahan beban kejut pada pendaratan keras akibat mesin mati dan karakteristik pilot dengan koefisien kejut minimal 1,5 kali dari berat bruto maksimum helikopter (Sutehno W., 2014).

BAB IV

METODE PERENCANAAN

4.1 Data yang Diperlukan

Pada perencanaan ini dibutuhkan data primer berupa denah rencana bangunan gedung yang diperoleh dari pengukuran pada lokasi yang ditinjau. Selain data primer, dibutuhkan pula data-data sekunder untuk menunjang perencanaan ini. Data tersebut didapat dari pedoman SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, PBI 1971, dan Peraturan Dirjen Perhubungan Udara Nomor KP 40 Tahun 2015 tentang Tempat Pendaratan dan Lepas Landas Helikopter.

4.2 Lokasi Perencanaan

Bangunan gedung kantor yang direncanakan terdapat pada kompleks perkantoran Kepolisian Daerah Provinsi D.I.Yogyakarta yang beralamatkan pada Jalan Lingkar Utara, Sanggrahan, Condongcatur, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman.



Gambar 4.1 Lokasi Perencanaan Gedung Kantor

Koordinat -7.757083, 110.400081

(Sumber : Google Earth diakses pada 19 November 2019)

4.3 Tahapan Perencanaan

Adapun tahapan dalam perencanaan struktur gedung yang digunakan pada perencanaan ini dilaksanakan dalam 6 (enam) tahap sebagai berikut :

Tahap I : Mengumpulkan data.

Tahap II : Permodelan struktur.

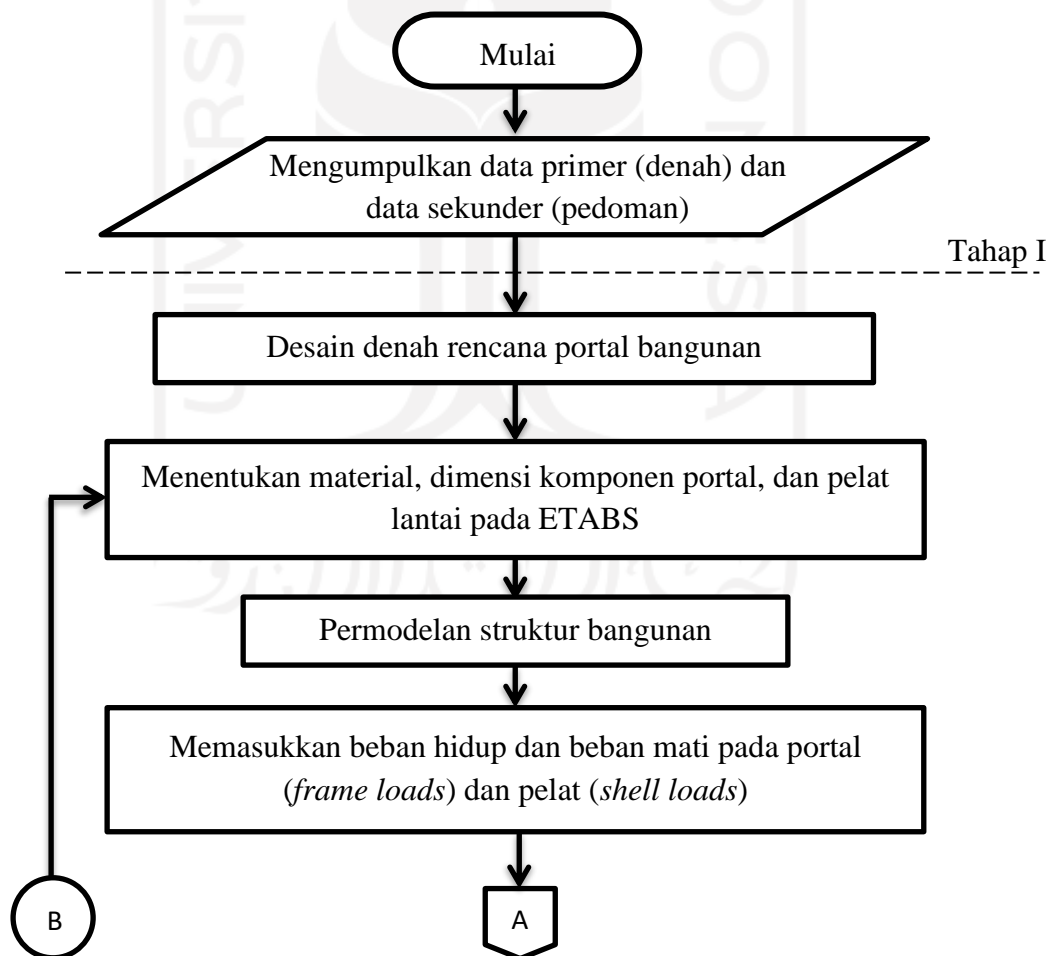
Tahap III : Analisis keamanan struktur.

Tahap IV : Perhitungan perilaku dan penulangan struktur.

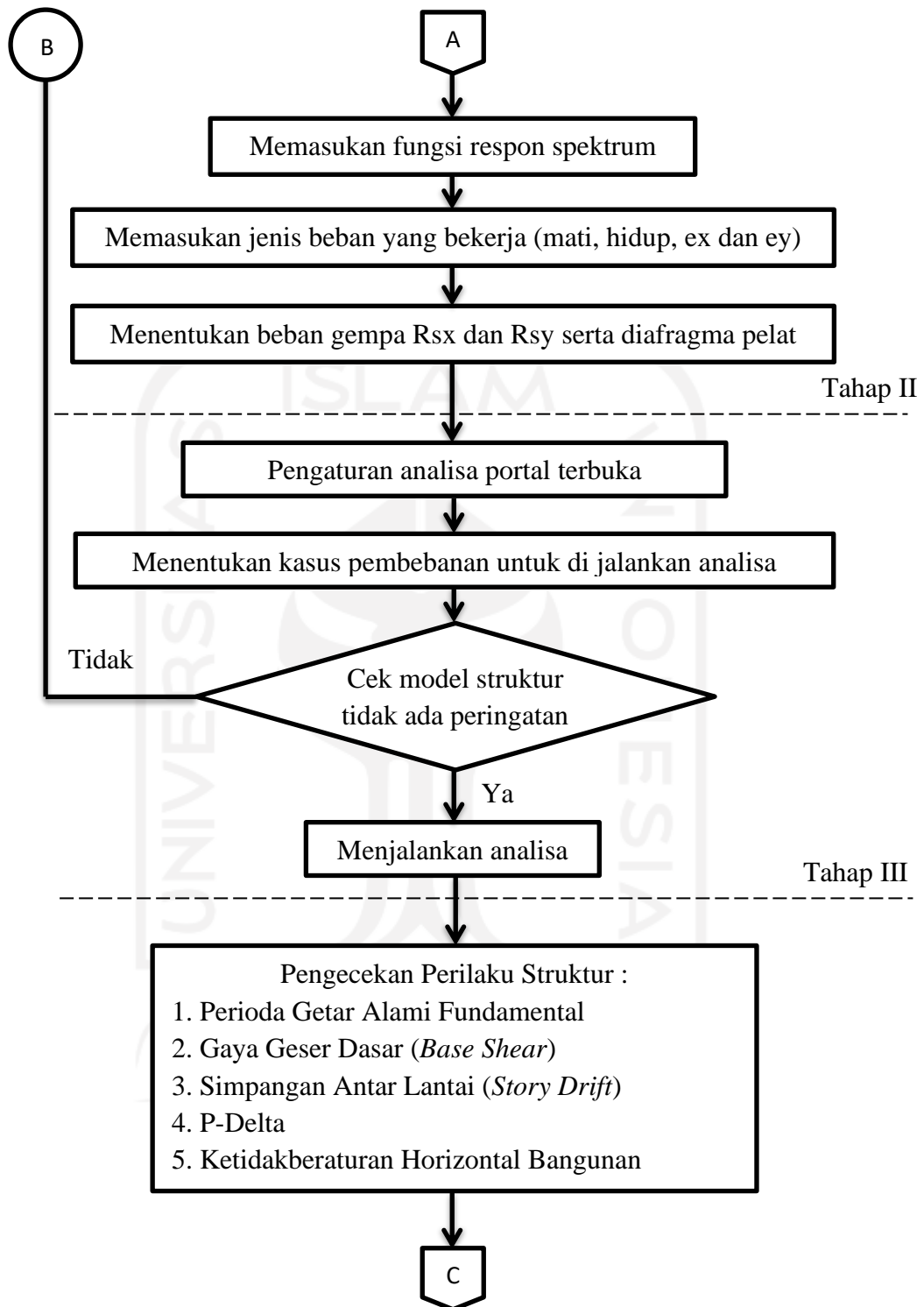
Tahap V : Gambar detail struktur.

Tahap VI : Hasil akhir dan kesimpulan.

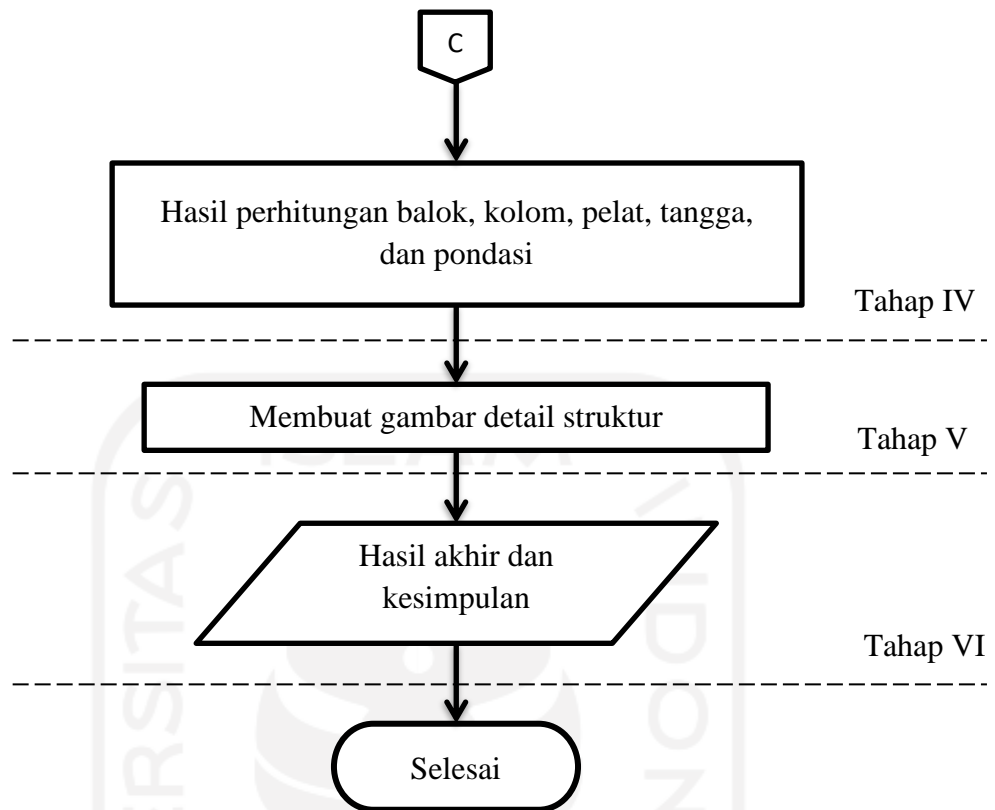
Tahap-tahap penyelesaian perancangan pada tugas akhir ini digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Perencanaan



Lanjutan Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Perencanaan



Lanjutan Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Perencanaan

BAB V

ANALISIS STRUKTUR DAN PEMBAHASAN

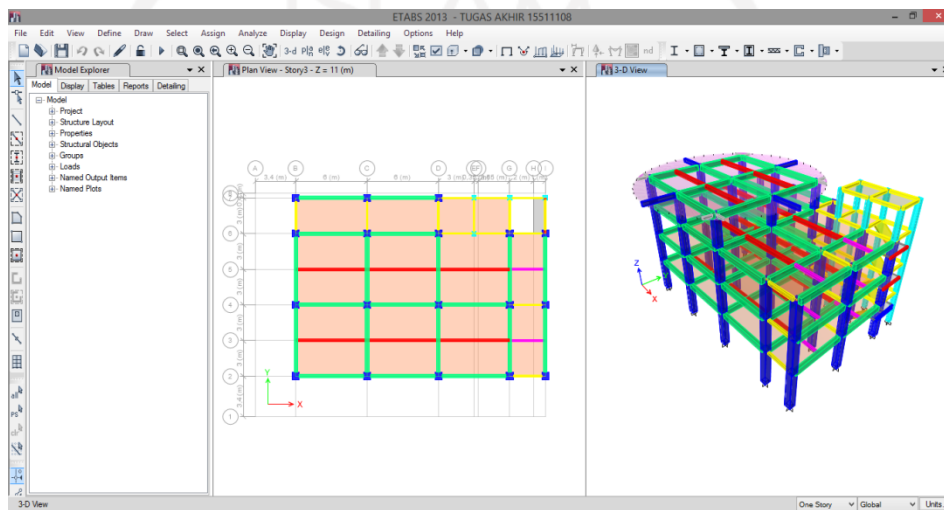
5.1 Dasar Permodelan Struktur

Pada perencanaan bangunan gedung ini, perencana menggunakan program ETABS untuk mempermudah dalam menganalisis struktur bangunan itu sendiri. Hasil dari program tersebut berupa besaran gaya-gaya yang diperlukan sebagai data perencanaan, selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan kebutuhan penulangan. Berikut langkah-langkah perencana dalam membuat permodelan dari struktur bangunan tersebut :

1. Membuat garis acuan (*grid*) pada aplikasi sesuai dengan *preliminary design* yang telah direncanakan.
2. Menentukan material yang akan digunakan yaitu beton dengan kuat tekan 25 MPa, baja tulangan ulir dan polos dengan menentukan nilai f_y masing-masing 400 MPa dan 240 MPa.
3. Menentukan dimensi dari rangka struktur balok, kolom dan pelat, dengan jenis tulangan yang digunakan ulir sebagai tulangan pokok dan polos sebagai tulangan sengkang.
4. Menggambar portal dan pelat sesuai dengan acuan awal desain.
5. Memasukkan besaran beban hidup dan beban mati yang terjadi pada masing-masing balok pada portal struktur dan pelat.
6. Memasukkan nilai besaran respons spektrum yang didapat dari aplikasi desain spektra Indonesia pada situs Kementerian Pekerjaan Umum.
7. Menentukan jenis kombinasi beban yang akan bekerja pada struktur bangunan tersebut.

8. Menentukan nilai skala gempa pada R_{sx} dan R_{sy} , dan menyeleksi pelat lantai di setiap lantainya menjadi satu diafragma.
9. Mengecek permodelan bangunan, apabila tidak ada pesan peringatan maka model tidak terjadi kesalahan dan siap untuk di “run”.
10. Menerima informasi gaya-gaya dalam pada “show table”.

Berikut tampilan permodelan struktur yang direncanakan beserta contoh hasil *output* program tersebut.



Gambar 5.1 Permodelan Struktur pada ETABS

1	TABLE: Column Forces									
2	Story	Column	Load Case/Com	Statio	P	V2	V3	T	M2	M3
3				m	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
4	Story4	C1	Dead	0	-356,1307	-27,9233	-40,8149	0,1694	-58,0976	-39,5732
5	Story4	C1	Dead	1,2	-345,9632	-27,9233	-40,8149	0,1694	-9,1197	-6,0652
6	Story4	C1	Dead	2,4	-335,7956	-27,9233	-40,8149	0,1694	39,8582	27,4428
7	Story4	C1	Live	0	-174,092	-14,3135	-23,1928	0,0157	-33,5129	-20,8393
8	Story4	C1	Live	1,2	-174,092	-14,3135	-23,1928	0,0157	-5,6816	-3,6632
9	Story4	C1	Live	2,4	-174,092	-14,3135	-23,1928	0,0157	22,1497	13,513
13	Story4	C1	EX	0	24,226	74,4708	22,2761	-6,6421	49,0564	161,7071
14	Story4	C1	EX	1,2	24,226	74,4708	22,2761	-6,6421	22,3252	72,3422
15	Story4	C1	EX	2,4	24,226	74,4708	22,2761	-6,6421	-4,4061	-17,0227
16	Story4	C1	EY	0	23,191	8,7574	81,9487	3,7279	180,281	16,9819
17	Story4	C1	EY	1,2	23,191	8,7574	81,9487	3,7279	81,9425	6,473
18	Story4	C1	EY	2,4	23,191	8,7574	81,9487	3,7279	-16,396	-4,0359

Gambar 5.2 Output Gaya Dalam Struktur (Kolom Tipe 1)

5.2 Analisis Perilaku Struktur

Setelah permodelan struktur, pengecekan pada perilaku struktur diperlukan untuk menjamin keamanan struktur bangunan tersebut dari efek yang terjadi akibat gempa bumi dan beban yang diterima.

5.2.1 Periode Getar Alami Fundamental

Periode fundamental struktur (T) berdasarkan SNI 1726-2012, arah yang ditinjau harus diperoleh berdasarkan properti struktur dan deformasi elemen penahan dalam analisis teruji. Dalam menentukan periode tersebut harus memenuhi syarat dibawah ini.

$$T_a < T_c < C_u T_a, \text{ maka } T_{\text{pakai}} = T_c$$

$$C_u T_a < T_c, \text{ maka } T_{\text{pakai}} = C_u T_a$$

$$T_c < T_a, \text{ maka } T_{\text{pakai}} = T_a$$

Pada analisis gempa, didapatkan :

$$T_a = C_t \times H_{\text{tot}}^x$$

keterangan :

T_a = Periode fundamental pendekatan

C_t = Koefisien C_t

H_{tot} = Tinggi total struktur

x = ditentukan dengan SNI 1726-2012 Tabel 15

$$T_a = 0,047 \times 14^{0,9} = 0,5054 \text{ detik}$$

$$C_u T_a = 1,4 \times 0,5054 = 0,70756 \text{ detik (} C_u \text{ ditentukan dengan SNI Tabel 14)}$$

Sedangkan angka T_c didapatkan dari periode yang dihitung menggunakan program ETABS sebesar 0,779 detik. Dengan persyaratan diatas maka didapatkan T_{pakai} sebesar 0,70756 detik.

5.2.2 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Berdasarkan SNI hal. 66, jika pembagian antara *output* gaya gempa respons spektrum dengan gaya gempa lateral dibawah 85%, maka diperlukan skala ulang pada respons spektrum. Untuk menentukan skala ulang tersebut digunakan rumus

0,85 x (V/Vt). Pada analisis yang dilakukan peneliti, dilakukan Iterasi skala ulang sebanyak 4 kali dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.1 Skala Gaya Base Shear

CEK GAYA GESER DINAMIK DAN GAYA GESER STATIK EKIVALEN						
COMPUTED ANALYSYS						
Dynamic (KN)	Simbol	0.85 Static (KN)	Keterangan	Scale	0.85Vs/vd	New Scale
R _{sx}	3,30	<	1034,042738	New Scale	1,8394	576,8858
R _{sy}	2,75	<	1034,042738	New Scale	1,8394	692,6411
Iterasi ke-4						
Dynamic (KN)	Simbol	0.85 Static (KN)	Keterangan	Scale		
R _{sx}	1034,04	>	1034,042738	OK	577,0742	
R _{sy}	1057,64	>	1034,042738	OK	692,6411	

5.2.3 Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Dalam peninjauan simpangan antar lantai, dapat diketahui data simpangan tersebut pada aplikasi ETABS dengan menunjukkan tabel pada bagian *Story Drift*. Data tersebut diambil dari titik sudut bangunan tiap lantai, maka pada tabel tersebut akan terlihat nilai simpangan arah X dan Y yang terbesar dan terkecil. Konfigurasi bangunan pada perencanaan ini persegi, sehingga memiliki 4 titik peninjauan dalam analisa simpangan antar lantai. Simpangan antar lantai tersebut dapat disimbolkan dengan huruf Δ (delta). Untuk menghitung delta dapat digunakan rumus berikut.

$$\Delta = \left| \frac{((Simp. lt. atas - Simp. lt. bawah) \times C_d)}{I_e} \right|$$

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

dengan syarat, $\Delta < \Delta_a$

keterangan :

I_e = faktor keutamaan gempa

C_d = koefisien C_d (SNI 1726-2012)

H_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat acuan

Berikut salah satu contoh hasil simpangan antar lantai pada satu titik acuan, dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.2 Simpangan Lantai Titik 1

Titik 1							
Arah X							
Lantai	simpangan arah X (mm)	Cd	Ie	Δ (mm)	hsx (mm)	Δa (mm)	Cek
4	1,6070	5,5	1,5	1,822333	3000	60	OK
3	1,1100	5,5	1,5	1,994667	3500	70	OK
2	1,6540	5,5	1,5	3,608	3500	70	OK
1	2,6380	5,5	1,5	9,672667	4000	80	OK
Arah Y							
Lantai	simpangan arah Y (mm)	Cd	Ie	Δ (mm)	hsx (mm)	Δa (mm)	Cek
4	1,2630	5,5	1,5	2,196333	3000	60	OK
3	0,6640	5,5	1,5	3,043333	3500	70	OK
2	1,4940	5,5	1,5	4,895	3500	70	OK
1	2,8290	5,5	1,5	10,373	4000	80	OK

5.2.4 Analisis P-Delta

Pengaruh dari P-Delta pada simpangan antar lantai bangunan tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) pada persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10.

$$\theta = \frac{P_x \cdot \Delta \cdot I_e}{V_x \cdot h_{sx} \cdot C_d}$$

keterangan :

P_x = beban vertikal kolom total tingkat acuan

Δ = dari simpangan antar lantai

V_x = gaya geser pada lantai acuan

syarat nilai θ tidak boleh lebih dari $\theta_{max} = 0,5 \times \beta \cdot C_d \leq 0,25$

syarat nilai $\beta = 1$ untuk hasil yang konservatif.

Dengan begitu contoh perhitungannya pada lantai 4 sebagai berikut :

$$\theta_{max} = 0,5 \times 1 \times 5,5 = 0,0909 \leq 0,25 \text{ (memenuhi)}$$

$$\theta = \frac{6921,5 \times 1,82 \times 1,5}{828,45 \times 3000 \times 5,5} = 0,0014 \leq 0,0909$$

sesuai syarat bahwa $\theta \leq \theta_{max}$ OK

Berikut rekapitulasi dari perhitungan kestabilan P-Delta

Tabel 5.3 P-Delta Stability Check

Lantai	Px (kN)	Δ (mm)	I	Vx (kN)	Hsx (mm)	Cd	Θ	Θ max	kontrol
4	6921,5	1,82	1,5	828,45	3000	5,5	0,0014	0,0909	OK
3	20877,4	1,99	1,5	2031,7	3500	5,5	0,0016		OK
2	33344,6	3,61	1,5	2769,3	3500	5,5	0,0034		OK
1	43705,8	9,67	1,5	3197,1	4000	5,5	0,0090		OK

5.2.5 Ketidakberaturan Horizontal Bangunan

Perlu diketahui bahwasannya gedung kantor yang direncanakan termasuk bangunan *regular* atau *irregular* maka perlu dilakukan pengecekan dari segi ketidakberaturan horizontal bangunan. Untuk mengetahui tipe ketidakberaturan bangunan tersebut dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut

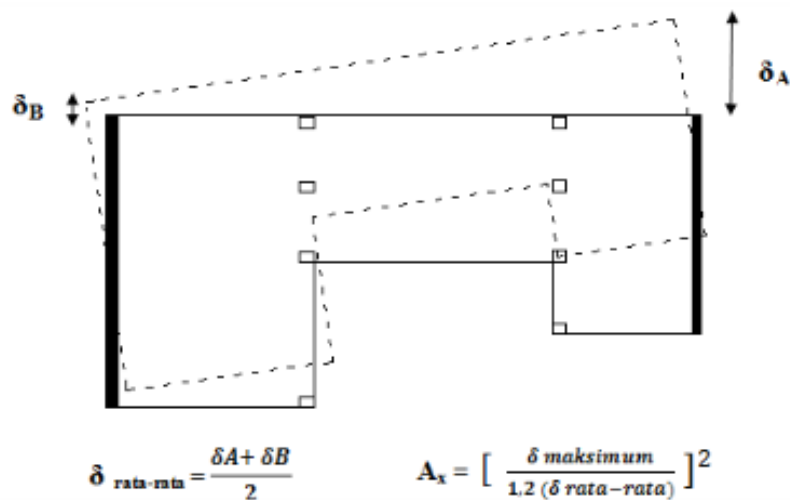
Tabel 5.4 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel13 12.2.2	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel13 12.2.2	E dan F D B, C, dan D C dan D D D B, C, dan D
2.	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.	7.3.3.4 Tabel13	D, E, dan F D, E, dan F

Lanjutan Tabel 5.4 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
3.	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 persen daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 persen dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel13	D, E, dan F D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel13 12.2.2	B, C, D,E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan gaya gempa.	7.5.3 7.7.3 Tabel13 12.2.2	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

Gambaran dari ketidakberaturan struktur horizontal yang akan ditinjau dapat dilihat pada contoh bentuk bangunan berikut.



Gambar 5.3 Ketidakberaturan Torsional 1a dan 1b

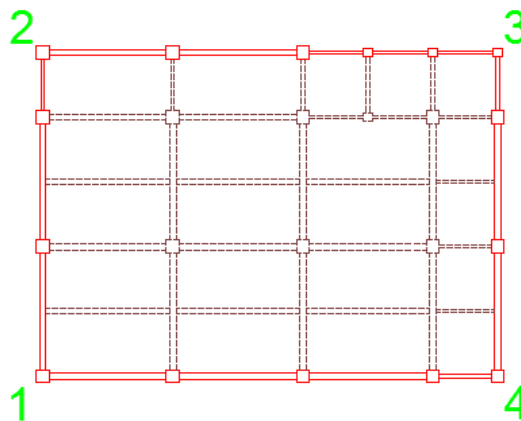
Berdasarkan SNI 1726-2012 dinyatakan bahwa ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b terjadi apabila :

$\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$ = Tanpa ketidakberaturan torsi

$1,2 \delta_{\text{avg}} \leq \delta_{\max} \leq 1,4 \delta_{\text{avg}}$ = Ketidakberaturan torsi 1a

$\delta_{\max} > 1,4 \delta_{\text{avg}}$ = Ketidakberaturan torsi 1b

ada pun penempatan *joint* yang ditinjau pada analisis gedung kantor ini adalah sebagai berikut.



Gambar 5.4 Titik *Joint* yang Ditinjau

Berikut ini langkah perhitungan untuk mengecek apakah adanya torsi pada titik yang ditinjau per lantainya, diambil contoh pada lantai 4 dengan acuan titik 2 dan 3.

1. Δ titik 2 = 0,00161 m (diketahui dari ETABS)

2. Δ titik 3 = 0,00161 m (diketahui dari ETABS)

3. Δ_{\max} = diambil nilai terbesar antara kedua Δ diatas
= 0,00161 m

4. Δ_{avg} = rata-rata dari kedua Δ diatas
= $\frac{0,00161+0,00161}{2} = 0,00161$ m

5. $1,2 \Delta_{\text{avg}}$ = $1,2 \times 0,00161 = 0,00193$ m

6. $1,4 \Delta_{\text{avg}}$ = $1,4 \times 0,00161 = 0,00225$ m

7. kontrol torsi

jika $\Delta_{\max} < 1,2 \Delta_{\text{avg}}$, maka tidak terjadi torsi

jika $\Delta_{\max} > 1,4 \Delta_{\text{avg}}$, maka terjadi torsi

$0,00161 \text{ m} < 0,00193 \text{ m}$ (memenuhi)

$0,00161 \text{ m} > 0,00225 \text{ m}$ (tidak memenuhi)

karena itu, lantai 4 arah X tidak terjadi torsi.

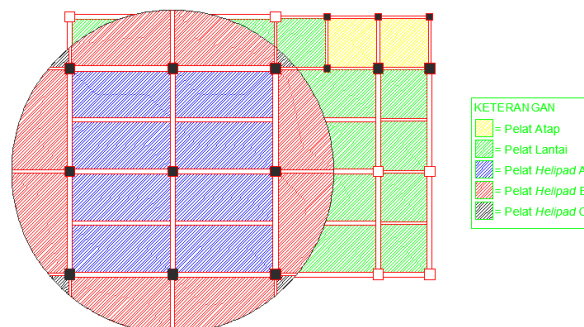
Berikut rekapitulasi pengecekan kestabilan horizontal bangunan arah X dan arah Y pada tiap lantai bangunan.

Tabel 5.5 Pengecekan Ketidakstabilan Struktur

Arah X							
Lantai	Δ Left Titik 2 (m)	Δ Right Titik 3 (m)	Δ Max (m)	Δ Avg (m)	1,2 Δ Avg (m)	1,4 Δ Avg (m)	Keterangan
4	0,00161	0,00161	0,00161	0,00161	0,00193	0,00225	Tidak Terjadi TORSI
3	0,00111	0,00111	0,00111	0,00111	0,00133	0,00155	Tidak Terjadi TORSI
2	0,00165	0,00165	0,00165	0,00165	0,00198	0,00232	Tidak Terjadi TORSI
1	0,00264	0,00264	0,00264	0,00264	0,00317	0,00369	Tidak Terjadi TORSI
Arah Y							
Lantai	Δ Left Titik 2 (m)	Δ Right Titik 3 (m)	Δ Max (m)	Δ Avg (m)	1,2 Δ Avg (m)	1,4 Δ Avg (m)	Keterangan
4	0,00126	0,00126	0,00126	0,00126	0,00152	0,00177	Tidak Terjadi TORSI
3	0,00066	0,00066	0,00066	0,00066	0,00080	0,00093	Tidak Terjadi TORSI
2	0,00149	0,00149	0,00149	0,00149	0,00179	0,00209	Tidak Terjadi TORSI
1	0,00283	0,00283	0,00283	0,00283	0,00339	0,00396	Tidak Terjadi TORSI

5.3 Analisis Pelat

Perencanaan meliputi pelat lantai, pelat *helipad*, dan pelat atap. Ketiga pelat tersebut akan direncanakan pembebanan dari aspek beban material itu sendiri (beban mati) serta beban hidup yang akan bekerja pada pelat tersebut sesuai dengan fungsi ruang pada denah perencanaan. Pembagian ketiga pelat tersebut disajikan dalam gambar berikut ini.



Gambar 5.5 Kodefikasi Pelat

5.3.1 Pembebanan Pelat

Perhitungan beban pada pelat dibagi menjadi dua yaitu beban mati dan beban hidup. Penentuan besaran beban hidup pada pelat sesuai dengan SNI 1727-2013, dan beban mati ditentukan oleh peneliti berdasarkan material yang akan diterima oleh pelat termasuk berat pelat itu sendiri.

1. Pelat lantai dan *helipad*

a. Beban mati

1) Pada pelat lantai

a) Pelat	: 0,12 x 24	= 2,88 kN/m ²
b) Keramik	: 0,01 x 17	= 0,17 kN/m ²
c) Spesi	: 0,025 x 16,67	= 0,417 kN/m ²
d) Pasir	: 0,04 x 15,69	= 0,628 kN/m ²
e) Plafon dengan penggantung		= 0,18 kN/m ²
f) <i>Ducting AC</i>		= 0,172 kN/m ²
g) Mekanikal Elektrikal Plumbing		= <u>0,25 kN/m²</u> +
	W_D	= 4,697 kN/m²

2) Pada pelat *helipad*

a) Pelat	: 0,12 x 24	= 2,88 kN/m ²
b) <i>Waterproofing</i>	: 0,02 x 18,63	= 0,373 kN/m ²
c) Mekanikal Elektrikal Plumbing		= <u>0,25 kN/m²</u> +
	W_D	= 3,902 kN/m²

b. Beban hidup

Beban hidup mengikuti denah fungsi ruang pada bangunan tersebut sesuai dengan SNI 1727-2013, pada perencanaan gedung ini terdiri dari beberapa beban hidup yang digunakan sebagai berikut.

- 1) Ruang Kerja : 2,4 kN/m²
- 2) Gudang (bengkel) : 6 kN/m²
- 3) Koridor : 3,83 kN/m²
- 4) Ruang Pertemuan : 4,79 kN/m²
- 5) Gudang (biasa) : 1,23 kN/m²
- 6) Ruang Pelengkap, meliputi :

- a) Toilet : 2,4 kN/m²
- b) Janitor : 2,4 kN/m²
- c) Dapur : 2,4 kN/m²
- 7) *Helipad* : 2,87 kN/m²

c. Beban angin dan hujan

Pada perencanaan pelat landasan helikopter perlu diketahui besaran tekanan angin yang diakibatkan oleh efek *downwash* dari baling-baling helikopter saat mendekati landasan. Adapun perhitungan efek tersebut dari berat kotor maksimum dibagi dengan *disc area* dari jenis helikopter yang ditinjau (Super Puma AS-332).

- 1) Berat kotor maksimum : 88,2599 kN
 - 2) *Disc area* : 206,1 m²
 - 3) *Disc loading* : 88,2599 kN / 206,1 m²
- W_w : 0,4282 kN/m²

Kemudian perlu diketahui pula besaran beban yang diakibatkan oleh genangan air hujan, dengan asumsi peneliti tinggi genangan di pelat datar sebesar 3 cm dengan demikian perhitungannya

- 1) Massa jenis air = 997 kg/m³
- 2) Tinggi genangan = 0,05 m
- 3) Beban genangan air = 0,05 x 980
= 0,49 kN/m²

Kombinasi beban (SNI 1727-2013 pasal 11.2) yang digunakan pada perhitungan pelat landasan helikopter adalah

$$\begin{aligned}
 Q_U &= 1,2 W_D + 1,0 W_L \pm 1,6 W_W + 0,5 R \\
 &= 1,2 \times 3,503 + 1,0 \times 2,87 + 1,6 \times 0,43 + 0,5 \times 0,49 \\
 &= 8,0066 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Namun pada kombinasi beban dengan konfigurasi $Q_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$ pada pelat landasan helikopter didapat sebesar

$$Q_U = 1,2 \times 3,503 + 1,6 \times 2,87 = 8,7956 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga digunakan nilai beban ultimate terbesar sebagai acuan perencanaan pada pelat landasan tersebut.

2. Pelat atap

a. Beban mati

1) Pelat	: $0,10 \times 1,0 \times 1,0 \times 24$	= 2,40 kN/m ²
2) <i>Waterproof</i>	: $0,02 \times 18,63$	= 0,373 kN/m ²
3) Genangan air	: $0,05 \times 9,8$	= 0,49 kN/m ²
3) Plafon dengan penggantung		= 0,18 kN/m ²
4) Mekanikal Elektrikal Plumbing		= <u>0,25 kN/m²</u> +
	W_D	= 3,693 kN/m ²

b. Beban hidup

Beban yang digunakan sesuai SNI untuk pelat atap sebesar $W_L = 1 \text{ kN/m}^2$.

Didapatkan kombinasi beban pada pelat atap $Q_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$

$$Q_U = 1,2 \times 3,375 + 1,6 \times 1$$

$$= 5,65 \text{ kN/m}^2$$

5.3.2 Data Material Struktur Pelat

Dalam mendesain pelat, perlu diketahui informasi mengenai material penyusun struktur pelat itu sendiri dan informasi mengenai dimensi pelat yang ditinjau. Berikut ini data yang digunakan dalam mendesain pelat.

1. Data Bahan Struktur

Data bahan struktur yang akan digunakan untuk mendesain pelat ini adalah sebagai berikut.

- Kuat tekan beton (f'_c) : 25 MPa
- f_y tulangan ulir : 400 MPa
- f_y tulangan polos : 240 MPa
- Modulus elastis beton (E_c) : 23500 MPa
- Modulus elastis baja (E_y) : 200000 MPa

2. Data Pelat

a. Data material yang akan digunakan untuk mendesain pelat lantai adalah sebagai berikut.

- β (kondisi $f'_c < 28 \text{ MPa}$) : 0,85
- Regangan maksimum beton : 0,003

- 3) Regangan baja $\left(\frac{fy}{Ey}\right)$: 0,0012
 4) Sisi terpanjang (L_y) : 6000 mm
 5) Sisi terpendek (L_x) : 3000 mm

Nilai L_y dan L_x dapat dirubah menyesuaikan dimensi pelat.

- 6) Diameter tulangan ulir : 10 mm
 7) Tebal Pelat (h) : 120 mm
 8) Tebal selimut beton (p_b) : 20 mm (SNI 2847-2013 Pasal 7.7.1)
 9) Nilai d_s : $p_b + 0,5 \times D_{pokok}$
 $= 20 + 0,5 \times 10 = 25$ mm
 10) Nilai d : $h - d_s = 120 - 25 = 95$ mm

b. Data material yang akan digunakan untuk mendesain pelat atap kurang lebih sama dengan data pelat lantai diatas, yang membedakan adalah ketebalan dari pelat itu sendiri. Kemudian nilai lainnya mengikuti sesuai ketebalan pelat atap.

3. Data Beban Pelat

Contoh perhitungan menggunakan data beban yang bekerja pada pelat lantai dengan fungsi ruang gudang (bengkel) adalah sebagai berikut.

- a. Beban ultimate (Q_u) : $1,2 W_D + 1,6 W_L = 15,2364 \text{ kN/m}^2$
 b. Tipe pelat : $L_y/L_x = 6000 \text{ mm}/3000 \text{ mm}$
 $= 2 \leq 2$ maka Pelat Dua Arah

c. Nilai koefisien momen

Dalam perencanaan pelat, nilai koefisien momen mengacu pada PBI 1971 bagian Tabel 13.3.1, dimana nilai koefisien momen sudah ditentukan berdasarkan sisi-sisi pelat yang perletakannya bebas ataupun terjepit penuh. Nilai-nilai tersebut akan diinterpolasi terhadap perbandingan nilai L_y/L_x dari masing-masing pelat.

Tabel 13.3.2
Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya
akibat beban terbagi rata

l _y /l _x		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5		
I		(M _{lx}) = 0,001 q l _x ² X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	32	32	25
II		(M _{lx}) = - (M _{tx}) = 0,001 q l _x ² X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	13
III		(M _{lx}) = - (M _{tx}) = 0,001 q l _x ² X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	48	47	47	19	
IVA		(M _{lx}) = 0,001 q l _x ² X	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	25
IVB		(M _{lx}) = - (M _{tx}) = 0,001 q l _x ² X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	9	
VA		(M _{lx}) = 0,001 q l _x ² X	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	25
VB		(M _{lx}) = - (M _{tx}) = 0,001 q l _x ² X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12	
VIA		(M _{lx}) = 0,001 q l _x ² X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	19
VIB		(M _{lx}) = - (M _{tx}) = 0,001 q l _x ² X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	13
		(M _{ly}) = 0,001 q l _y ² X	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	38

— = Terletak bebas
— = Menerus atau terjepit elastis

Gambar 5.6 Nilai Koefisien Momen Pelat Terjepit Elastis

(sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971)

Kondisi pelat yang ditinjau pada keempat sisinya terjepit penuh sehingga menggunakan kategori II dengan nilai momen sebagai berikut.

1) Momen Lapangan Arah X

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times Qu \times (Lx^2) \times koefisien \\ &= 0,001 \times 15,2364 \times (3^2) \times 62 \\ &= 8,50 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2) Momen Tumpuan Arah X

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0,001 \times Qu \times (Lx^2) \times koefisien \\ &= -0,001 \times 15,2364 \times (3^2) \times 62 \\ &= -8,50 \text{ kNm} \end{aligned}$$

3) Momen Lapangan Arah Y

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \times Qu \times (Ly^2) \times koefisien \\ &= 0,001 \times 15,2364 \times (3^2) \times 35 \\ &= 4,80 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4) Momen Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = -0,001 \times Qu \times (Ly^2) \times koefisien$$

$$= -0,001 \times 15,2364 \times (3^2) \times 35$$

$$= -4,80 \text{ kNm}$$

5.3.3 Penulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat dimaksudkan untuk mendapatkan jarak pemasangan antar tulangan pokok dan tulangan susut yang memenuhi syarat keamanan. Berikut contoh perhitungan dari pelat lantai dengan fungsi ruang gudang (bengkel), karena memiliki nilai Q_u yang terbesar diantara fungsi ruang lainnya.

1. Penulangan Momen Lapangan Arah X

a. Momen ultimate (M_u) = 8,50 kNm

b. Faktor reduksi (ϕ) = 0,9

c. Momen nominal (M_n) = $\frac{M_u}{\phi} = \frac{8,50}{0,9}$
 = 9,45 kNm = 9446568 Nmm

d. Lebar peninjauan (b) = 1000 mm

e. d = 95 mm

f. Nilai tinggi tekan (a)

Mencari nilai a dengan persamaan $M_n = (0,85 \times f'_c \times a \times b) \times (d - \frac{a}{2})$

Persamaan tersebut merupakan persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

1) X = $0,85 \times f'_c \times a^2 \times b$
 = $0,85 \times 25 \times a^2 \times 1000$
 = $21250 a^2$

2) Y = $-1,7 \times f'_c \times a \times b \times d$
 = $-1,7 \times 25 \times a \times 1000 \times 95$
 = $-4037500 a$

3) Z = $2 \times M_n = 2 \times 9446568$
 = 18893136

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$4) a1 = \frac{4037500 + \sqrt{-4037500^2 - 4 \times 21250 \times 18893136}}{2 \times 21250}$$

$$= 185,20 \text{ mm}$$

$$5) a2 = \frac{4037500 - \sqrt{-4037500^2 - 4 \times 21250 \times 18893136}}{2 \times 21250}$$

$$= 4,80 \text{ mm}$$

dari kedua nilai tersebut diambil yang terkecil, a pakai = 4,80 mm

g. Menghitung luas tulangan pokok yang dibutuhkan (A_s)

Nilai A_s dicari dengan persamaan berikut.

$$T_s = C_c$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b$$

$$A_s = \frac{(0,85 \times f'_c \times a \times b)}{f_y}$$

$$= \frac{(0,85 \times 25 \times 4,8 \times 1000)}{400}$$

$$= 255,04 \text{ mm}^2$$

h. Menghitung luas tulangan saat kondisi balance (A_{sb})

$$A_{sb} = 0,85 \times \beta \times \left(\frac{f'_c}{f_y}\right) \times \left(\frac{600}{(600+f_y)}\right) \times (b \times d)$$

$$= 0,85 \times \beta \times \left(\frac{25}{400}\right) \times \left(\frac{600}{(600+400)}\right) \times (1000 \times 95)$$

$$= 2573,91 \text{ mm}^2$$

i. Menghitung luas tulangan minimum (A_{smin})

$$A_{smin1} = \sqrt{f'_c} / (4 \times f_y \times b \times d)$$

$$= \sqrt{25} / (4 \times 400 \times 1000 \times 95)$$

$$= 296,88 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin2} = \left(\frac{1,4}{f_y}\right) \times b \times d$$

$$= \left(\frac{1,4}{400}\right) \times 1000 \times 95$$

$$= 332,50 \text{ mm}^2$$

A_{smin} pakai (diambil yang terbesar) = 332,50 mm² (A_{smin2})

j. Menghitung luas tulangan maksimum (A_{smax})

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\max}} &= 0,75 \times A_s b \\
 &= 0,75 \times 2573,91 \\
 &= 1930,43 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

k. Luas tulangan yang digunakan ($A_{S_{\text{pakai}}}$)

Diambil nilai yang terbesar dari A_s dan $A_{S_{\min \text{ pakai}}}$

$$A_s 255,04 \text{ mm}^2 < 332,50 \text{ mm}^2 A_{S_{\min 2}}$$

l. Luas satu tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{tul}}} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

m. Jarak antar tulangan (s)

$$\begin{aligned}
 s &= (A_{S_{\text{tul}}} \times b) / A_{S_{\text{pakai}}} \\
 &= (78,54 \times 1000) / 332,50 \\
 &= 236,21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ditentukan jarak antar tulangan sebesar 200 mm

n. Luasan tulangan terpasang

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{terpasang}}} &= \left(\frac{b}{s}\right) \times A_{S_{\text{tul}}} \\
 &= \left(\frac{1000}{200}\right) \times 78,54 \\
 &= 392,70 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

o. Kontrol jarak tulangan

$$\begin{aligned}
 1) s &\leq 3h \\
 200 &\leq 3 \times 120 \text{ mm} \\
 200 \text{ mm} &\leq 360 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) s &\leq 450 \text{ mm} \\
 200 \text{ mm} &\leq 450 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

p. Kontrol regangan tarik baja

Asumsi digunakan adalah tulangan sudah leleh

$$\begin{aligned}
 a_{\text{terpasang}} &= \frac{(A_{S_{\text{terpasang}}} \times f_y)}{(0,85 \times f'c \times b)} \\
 &= \frac{(392,70 \times 400)}{(0,85 \times 25 \times 1000)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,39 \text{ mm} \\
 c_{\text{terpasang}} &= \frac{a}{\beta} = \frac{7,39}{0,85} \\
 &= 8,70 \text{ mm} \\
 \epsilon_y &= \left(\epsilon_{cu} \times \frac{d}{c} \right) - \epsilon_{cu} \geq \left(\frac{f_y}{E_y} \right) \\
 &= \left(0,003 \times \frac{95}{8,70} \right) - 0,003 \geq \left(\frac{400}{200000} \right) \\
 &= 0,0297 \geq 0,002 \text{ (Asumsi benar)}
 \end{aligned}$$

Asumsi digunakan adalah tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \left(\epsilon_{cu} \times \frac{d}{c} \right) - \epsilon_{cu} \\
 &= \left(0,003 \times \frac{95}{8,70} \right) - 0,003 \\
 &= 0,0297 > 0,005 \text{ maka Asumsi benar tulangan terkendali tarik.}
 \end{aligned}$$

q. Tulangan yang digunakan

Tulangan pokok D10-200.

2. Penulangan Tumpuan Arah X

- a. Momen Ultimate (M_u) = 8,50 kNm
- b. Faktor reduksi (ϕ) = 0,9
- c. Momen nominal (M_n) = $\frac{M_u}{\phi} = \frac{8,50}{0,9}$
= 9,45 kNm = 9446568 Nmm
- d. Lebar peninjauan (b) = 1000 mm
- e. d = 95 mm
- f. Nilai tinggi tekan (a)

Mencari nilai a dengan persamaan $M_n = (0,85 \times f'_c \times a \times b) \times (d - a/2)$

Persamaan tersebut merupakan persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

- 1) X = $0,85 \times f'_c \times a^2 \times b$
= $0,85 \times 25 \times a^2 \times 1000$
= $21250 a^2$
- 2) Y = $-1,7 \times f'_c \times a \times b \times d$
= $-1,7 \times 25 \times a \times 1000 \times 95$

$$= -4037500 a$$

$$3) Z = 2 x Mn = 2 x 9446568$$

$$= 18893136$$

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$4) a1 = \frac{4037500 + \sqrt{-4037500^2 - 4 \times 21250 \times 18893136}}{2 \times 21250}$$

$$= 185,20 \text{ mm}$$

$$5) a2 = \frac{4037500 - \sqrt{-4037500^2 - 4 \times 21250 \times 18893136}}{2 \times 21250}$$

$$= 4,80 \text{ mm}$$

dari kedua nilai tersebut diambil yang terkecil, a pakai = 4,80 mm

g. Menghitung luas tulangan pokok yang dibutuhkan (As)

Nilai As dicari dengan persamaan berikut.

$$Ts = Cc$$

$$As \times fy = 0,85 \times f'c \times a \times b$$

$$\begin{aligned} As &= \frac{(0,85 \times f'c \times a \times b)}{fy} \\ &= \frac{(0,85 \times 25 \times 4,80 \times 1000)}{400} \\ &= 255,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

h. Menghitung luas tulangan saat kondisi balance (Asb)

$$\begin{aligned} Asb &= 0,85 \times \beta \times \left(\frac{f'c}{fy}\right) \times \left(\frac{600}{(600+fy)}\right) \times (b \times d) \\ &= 0,85 \times \beta \times \left(\frac{25}{400}\right) \times \left(\frac{600}{(600+400)}\right) \times (1000 \times 95) \\ &= 2573,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

i. Menghitung luas tulangan minimum (ASmin)

$$\begin{aligned} AS_{min1} &= \sqrt{f'c} / (4 \times fy \times b \times d) \\ &= \sqrt{25} / (4 \times 400 \times 1000 \times 95) \\ &= 296,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$AS_{min2} = \left(\frac{1,4}{fy}\right) \times b \times d$$

$$= \left(\frac{1,4}{400}\right) \times 1000 \times 95$$

$$= 332,5 \text{ mm}^2$$

$A_{S_{\min \text{ pakai}}}$ (diambil yang terbesar) = $332,5 \text{ mm}^2$ ($A_{S_{\min 2}}$)

j. Menghitung luas tulangan maksimum ($A_{S_{\max}}$)

$$A_{S_{\max}} = 0,75 \times A_s b$$

$$= 0,75 \times 2573,91$$

$$= 1930,43 \text{ mm}^2$$

k. Luas tulangan yang digunakan ($A_{S_{\text{pakai}}}$)

Diambil nilai yang terbesar dari A_s dan $A_{S_{\min \text{ pakai}}}$

$$A_s \ 255,04 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \ A_{S_{\min 2}}$$

l. Luas satu tulangan

$$A_{S_{\text{tul}}} = 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,54 \text{ mm}^2$$

m. Jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{(A_{S_{\text{tul}}} \times b)}{A_{S_{\text{pakai}}}}$$

$$= \frac{(78,54 \times 1000)}{332,5}$$

$$= 236,21 \text{ mm}$$

ditentukan jarak antar tulangan sebesar 200 mm

n. Luasan tulangan terpasang

$$A_{S_{\text{terpasang}}} = \left(\frac{b}{s}\right) \times A_{S_{\text{tul}}}$$

$$= \left(\frac{1000}{200}\right) \times 78,54$$

$$= 392,70 \text{ mm}^2$$

o. Kontrol jarak tulangan

$$1) s \leq 3h$$

$$200 \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 360 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

$$2) s \leq 450 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

p. Kontrol regangan tarik baja

Asumsi digunakan adalah tulangan sudah leleh

$$\begin{aligned} a_{\text{terpasang}} &= \frac{(A_{\text{sterpasang}} \times f_y)}{(0,85 \times f'_{c} \times b)} \\ &= \frac{(392,7 \times 400)}{(0,85 \times 25 \times 1000)} \\ &= 7,40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{\text{terpasang}} &= \frac{a}{\beta} = \frac{7,40}{0,85} \\ &= 8,70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= \left(\epsilon_{cu} \times \frac{d}{c} \right) - \epsilon_{cu} \geq \left(\frac{f_y}{E_y} \right) \\ &= \left(0,003 \times \frac{95}{8,70} \right) - 0,003 \geq \left(\frac{400}{200000} \right) \\ &= 0,0297 \geq 0,002 \text{ (Asumsi benar)} \end{aligned}$$

Asumsi digunakan adalah tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \left(\epsilon_{cu} \times \frac{d}{c} \right) - \epsilon_{cu} \\ &= \left(0,003 \times \frac{95}{8,70} \right) - 0,003 \\ &= 0,0297 > 0,005 \text{ maka Asumsi benar tulangan terkendali tarik.} \end{aligned}$$

q. Tulangan yang digunakan

Tulangan pokok D10-200.

r. Luas tulangan susut (A_{Ssusut})

$$\begin{aligned} A_{\text{Ssusut}} &= 0,002 \times b \times h_{\text{pelat}} \\ &= 0,002 \times 1000 \times 120 \\ &= 240 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

s. Luas tulangan satu tulangan susut

$$\begin{aligned} A_{st} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 8^2 \\ &= 50,266 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

t. Jarak tulangan susut (S_{Susut})

$$\begin{aligned} S_{\text{Susut}} &= \frac{(A_{st} \times b)}{A_{\text{Ssusut}}} \\ &= \frac{(50,266 \times 1000)}{240} \end{aligned}$$

$$= 209,4395 \text{ mm}^2$$

digunakan $s_{\text{susut}} = 200 \text{ mm}$

u. Kontrol jarak tulangan susut

$$1) s \leq 5h$$

$$200 \text{ mm} \leq 5 \times 120 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

$$2) s \leq 450 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

v. Tulangan yang digunakan

Tulangan susut D8-200.

3. Penulangan Lapangan Arah Y

Langkah perhitungan dalam mencari penulangan lapangan arah Y sama dengan perhitungan penulangan lapangan arah X sebelumnya.

4. Penulangan Tumpuan Arah Y

Langkah perhitungan dalam mencari penulangan tumpuan arah Y sama dengan perhitungan penulangan tumpuan arah X sebelumnya.

5. Rekapitulasi Tulangan Pelat

Hasil rekapitulasi penulangan pelat lantai dan atap dapat dilihat pada Tabel 5.2 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Pelat berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Pelat

Nama Pelat	Tipe Pelat	Arah X			Arah Y		
		Tumpuan		Lapangan	Tumpuan		Lapangan
		Tulangan Pokok	Tulangan Susut	Tulangan Pokok	Tulangan Pokok	Tulangan Susut	Tulangan Pokok
Pelat Atap	2 Arah	D10-250	D8-250	D10-250	D10-250	D8-250	D10-250
Pelat Lantai	2 Arah	D10-200	D8-200	D10-200	D10-200	D8-200	D10-200
Pelat Helipad A	2 Arah	D10-200	D8-200	D10-200	D10-200	D8-200	D10-200
Pelat Helipad B	1 Arah	D10-200	D8-200	D10-200	D10-200	D8-200	D10-200
Pelat Helipad C	1 Arah	D10-200	D8-200	D10-200	D10-200	D8-200	D10-200

5.4 Analisis Balok

Balok merupakan struktur pengikat antar kolom yang berfungsi mendistribusikan beban yang terjadi pada pelat melalui balok menuju kolom yang akan diteruskan hingga pondasi. Dalam perencanaan ini terdapat 3 jenis balok yaitu balok induk, balok anak, dan balok kantilever. Analisis yang dilakukan untuk mencari kebutuhan tulangan yang memadai pada balok itu sendiri.

5.4.1 Balok Induk

Balok induk merupakan balok utama penghubung antar kolom, dalam menentukan dimensi awal balok induk menggunakan rumus $H_B = \frac{1}{12} \times L_{bentang}$. Konsep dari analisis balok induk yang dimaksud adalah menentukan ukuran balok, jumlah, komposisi dan penempatan tulangan agar dapat menyediakan kekuatan yang sama atau lebih. Balok induk dalam perencanaan bangunan ini terdapat 2 macam, dengan bentang yang berbeda yaitu (dihitung dari as ke as kolom) 6 m dan 3 m. Berikut analisis dari kedua balok tersebut.

1. Menentukan dimensi awal balok

a. Balok bentang 6 m, selanjutnya disebut Balok B1

$$\begin{aligned} 1) \text{ Mencari tinggi balok } (H_B) & : \frac{1}{12} \times 6 = 0,5 \text{ m} \\ & : \text{digunakan } 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$2) \text{ Mencari lebar balok } (B_B) : \frac{1}{2} \times H_B = \frac{1}{2} \times 0,6 = 0,3 \text{ m}$$

b. Balok bentang 3 m, selanjutnya disebut Balok B3

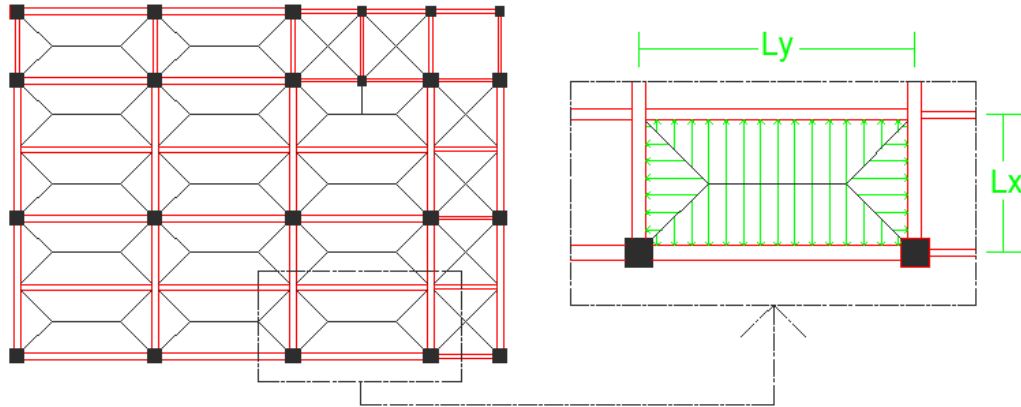
$$\begin{aligned} 1) \text{ Mencari tinggi balok } (H_B) & : \frac{1}{12} \times 3 = 0,25 \text{ m} \\ & : \text{digunakan } 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$2) \text{ Mencari lebar balok } (B_B) : \frac{1}{2} \times H_B = \frac{1}{2} \times 0,3 = 0,15 \text{ m}$$

2. Menentukan beban diatas balok

Beban yang diterima oleh balok induk berupa beban pelat, dinding, sekat serta beban hidup yang bekerja pada pelat. Untuk mendefinisikan besaran yang diterima balok tersebut, maka dilakukan pembagian area (*tributary*) beban kerja pada balok dengan metode amplop. Beban yang tersebar akan

diekivalensikan menjadi beban merata pada balok dengan langkah sebagai berikut.



Gambar 5.7 Tributary Area Metode Amplop

Terdapat dua macam bentuk area pembebanan, yaitu bentuk trapesium dan segitiga. Untuk mendapatkan berat beban yang akan diterima oleh balok dapat dihitung dengan rumus :

a. Pada bagian trapesium

$$W = \frac{1}{6} \times Q \times Lx \times \left(3 - \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right)$$

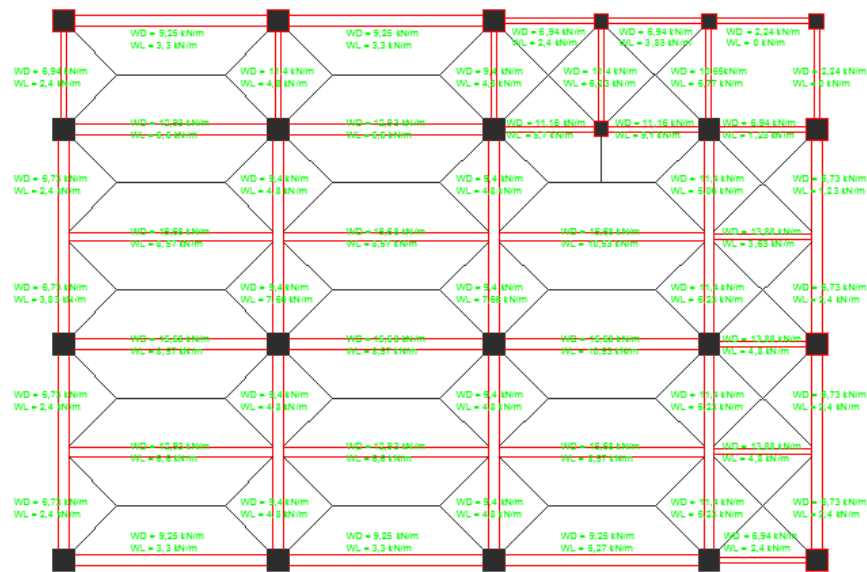
dengan kondisi Q dapat berupa beban mati maupun beban hidup, sehingga mendapatkan besaran beban merata pada balok (W) dengan satuan kN/m.

b. Pada bagian segitiga

$$W = \frac{1}{3} \times Q \times Lx$$

sama seperti bagian trapesium, dengan kondisi Q dapat berupa beban mati maupun beban hidup, sehingga mendapatkan besaran beban merata pada balok (W) dengan satuan kN/m.

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan data beban-beban yang akan bekerja pada masing-masing balok pada struktur bangunan dalam perencanaan ini.



Gambar 5.8 Beban Merata Pada Balok

3. Mencari besaran nilai momen dan gaya geser

Besaran nilai-nilai gaya tersebut didapatkan dari hasil analisa struktur bangunan dari ETABS dengan cara menyeleksi balok yang ditinjau terlebih dahulu kemudian memilih *Display - Show Table - Analysis - Results - Frame Results - Beam Forces*. Maka didapat nilai besaran momen dan gaya geser seperti tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Momen dan Geser B1 dan B3

LANTAI	MOMEN (M3) B1 (kNm)				MOMEN (M3) B3 (kNm)			
	TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN		LAPANGAN	
	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+
4	-249,369	53,572	-26,3588	178,8289	-11,2398	4,9852	-1,3345	7,5353
3	-283,316	49,1081	-16,0094	263,1131	-14,7569	4,9915	-1,5526	10,9739
2	-256,13	37,1363	-17,306	237,8152	-15,9928	4,465	-2,9327	11,1812
1	-334,714	140,1849	-58,9135	236,9766	-23,8024	14,7317	-6,3417	11,0982
LANTAI	GESER (V2) B1 (kN)				GESER (V2) B3 (kN)			
	TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN		LAPANGAN	
	-	+	-	+	-	+	-	+
4	-218,29	214,4822	-145,518	141,6557	-24,9167	22,5219	-15,5384	13,1436
3	-300,989	309,2624	-195,132	190,9868	-38,67	36,7566	-19,3665	19,4191
2	-268,926	276,2423	-173,935	171,56	-40,3662	36,7018	-19,6642	19,434
1	-285,171	288,3182	-192,626	190,6901	-47,8475	43,4219	-27,8596	26,154

4. Redistribusi momen balok

Agar terjadi *beam sway mechanism*, maka prinsip desain *strong column weak beam* diterapkan perencana dikarenakan elemen balok akan dirancang lebih lemah daripada kolom. Syarat dilakukannya redistribusi momen yaitu apabila momen positif kurang dari setengahnya momen negatif. Dalam meredistribusi momen, terdapat batasan agar tidak terlalu banyak penurunan kekuatan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.1 nilai redistribusi momen dibatasi sebesar.

$$1 - \left(\frac{\rho - \rho'}{\rho b} \right) \times 20\% = 1 - \left(\frac{0,5 - 0,25}{1} \right) \times 20\% = 15 \%$$

dimana,

ρ : rasio tulangan tarik balok (digunakan $0,5 \times \rho b$)

ρ' : rasio tulangan desak ($\rho' = 0,5 \times \rho$)

ρb : rasio tulangan pada kondisi *balance*

Namun apabila setelah didistribusi sebesar 15% belum mencukupi, maka momen positif digunakan setengah dari momen negatifnya.

Perhitungan untuk redistribusi pada M^+ dan M^- balok adalah sebagai berikut dengan contoh perhitungan pada balok B1 lantai 3.

a. Daerah tumpuan

$$M^+ = 49,11 \text{ kNm}$$

$$M^- = 283,32 \text{ kNm}$$

$$49,11 \text{ kNm} < 0,5 \times 283,32 = 141,66 \text{ kNm}$$

maka penyelesaiannya

$$\begin{aligned} M^-_{redis} &= M^- - (15\% \times M^-) \\ &= 283,32 - (15\% \times 283,32) \\ &= 240,82 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^+_{redis} &= (M^- + M^+) - M^-_{redis} \\ &= (283,32 + 49,11) - 240,82 \\ &= 91,61 \text{ kNm} \end{aligned}$$

kontrol setelah redistribusi, apabila $M^+_{redis} < 0,5 M^-_{redis}$ maka tidak aman.

$$91,61 \text{ kNm} < 0,5 \times 240,82 = 120,41 \text{ kNm} \text{ (tidak aman)}$$

karena nilai M^+_{redis} belum memenuhi, maka ditetapkan nilainya setengah dari M^-_{redis} sebesar $0,5 \times 240,82 = 120,41 \text{ kNm}$

Sehingga nilai momen yang digunakan untuk analisis

$$M^-_{pakai} = 240,82 \text{ kNm}$$

$$M^+_{pakai} = 120,41 \text{ kNm}$$

b. Daerah lapangan

$$M^+ = 263,11 \text{ kNm}$$

$$M^- = 16,01 \text{ kNm}$$

$$16,01 \text{ kNm} < 0,5 \times 263,11 = 131,56 \text{ kNm}$$

maka penyelesaiannya

$$\begin{aligned} M^+_{redis} &= M^+ - (15\% \times M^+) \\ &= 263,94 - (15\% \times 263,94) \\ &= 223,65 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^-_{redis} &= (M^- + M^+) - M^+_{redis} \\ &= (16,01 + 263,11) - 224,35 \\ &= 55,48 \text{ kNm} \end{aligned}$$

kontrol setelah redistribusi, apabila $M^-_{redis} < 0,5 M^+_{redis}$ maka tidak aman.

$$55,48 \text{ kNm} < 0,5 \times 223,65 = 111,83 \text{ kNm} \text{ (tidak aman)}$$

karena nilai M^-_{redis} belum memenuhi, maka ditetapkan nilainya setengah dari

$$M^+_{redis} \text{ sebesar } 0,5 \times 223,65 = 111,83 \text{ kNm}$$

Sehingga nilai momen yang digunakan untuk analisis

$$M^-_{pakai} = 223,65 \text{ kNm}$$

$$M^+_{pakai} = 111,83 \text{ kNm}$$

Berikut tabel rekapitulasi nilai momen yang didistribusi dan nilai momen yang ditetapkan.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Distribusi Momen Balok Induk

LANTAI	Balok B1							
	TUMPUAN			LAPANGAN			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM.	LAP.
4	15%	211,9638	90,97738	15%	53,18314	152,0046	REDIS	REDIS
3	15%	240,8188	91,60553	15%	55,47637	223,6461	REDIS	REDIS
2	15%	217,7102	75,55576	15%	52,97828	202,1429	REDIS	REDIS
1	6%	314,6307	160,2677	15%	94,45999	201,4301	AMAN	REDIS
LANTAI	Balok B3							
	TUMPUAN			LAPANGAN			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM.	LAP.
4	4%	10,79021	5,434792	15%	2,464795	6,405005	AMAN	REDIS
3	11%	13,13364	6,614759	15%	3,198685	9,327815	AMAN	REDIS
2	15%	13,59388	6,86392	15%	4,60988	9,50402	AMAN	REDIS
1	0%	23,8024	14,7317	0%	6,3417	11,0982	AMAN	AMAN

Tabel 5.9 Rekapitulasi Nilai Momen Balok Induk yang Ditetapkan

LANTAI	Balok B1							
	TUM			LAP			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM	LAP
4	fixed	211,9638	105,9819	fixed	76,00228	152,0046	AMAN	AMAN
3	fixed	240,8188	120,4094	fixed	111,8231	223,6461	AMAN	AMAN
2	fixed	217,7102	108,8551	fixed	101,0715	202,1429	AMAN	AMAN
1	6%	314,6307	160,2677	fixed	100,7151	201,4301	AMAN	AMAN
LANTAI	Balok B3							
	TUMPUAN			LAPANGAN			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM	LAP
4	4%	10,79021	5,434792	fixed	3,202503	6,405005	AMAN	AMAN
3	11%	13,13364	6,614759	fixed	4,663908	9,327815	AMAN	AMAN
2	15%	13,59388	6,86392	fixed	4,75201	9,50402	AMAN	AMAN
1	0%	23,8024	14,7317	0%	6,3417	11,0982	AMAN	AMAN

5.4.1.1 Perhitungan Tulangan Rangkap Balok

Tulangan rangkap adalah penulangan pada balok dimana sisi tarik memiliki 2 baris tulangan. Alasan penggunaan tulangan rangkap karena dimensi balok yang cukup besar, sehingga kebutuhan luasan tulangan dapat terpenuhi. Berikut ini langkah-langkah perhitungannya.

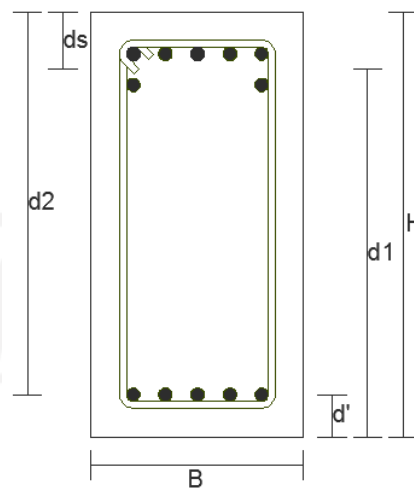
1. Perhitungan pada daerah tumpuan

Contoh perhitungan digunakan balok B1 pada lantai 1

a. Data dan mutu material

- 1) Kuat tekan beton (f^c) = 25 Mpa
- 2) Teg. leleh baja ulir (f_y) = 400 MPa
- 3) Modulus elastis baja (E_s) = 200000 MPa
- 4) Regangan maks. serat
 - desak beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 5) ϵ_y (f_y/E_s) = 0,002
- 6) ϵ_t = 0,005
- 7) Tulangan pokok D (ϕ_p) = 19 mm
- 8) Tulangan sengkang P (ϕ_s) = 12 mm
- 9) Selimut beton (p_b) = 40 mm
- 10) β untuk $f^c < 28$ MPa = 0,85
- 11) Faktor reduksi (ϕ_{lentur}) = 0,9

b. Parameter tinggi balok



Gambar 5.9 Parameter Tinggi Penampang Balok Tulangan Rangkap

$$\begin{aligned}
 1) \quad d_s &= p_b + \phi_{sengkang} + \phi_{pokok} + \frac{J_s}{2} \\
 &= 40 + 12 + 19 + \frac{25}{2} \\
 &= 83,5 \text{ mm (asumsi tul. tarik 2 baris)}
 \end{aligned}$$

$$2) \quad d' = p_b + \phi_{sengkang} + \frac{\phi_{pokok}}{2}$$

$$= 40 + 12 + \frac{19}{2}$$

$$= 61,5 \text{ mm (asumsi tul. tekan 1 baris)}$$

$$\begin{aligned} 3) d_1 &= H - d_s = 600 - 83,5 \\ &= 516,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) d_2 &= H - d' = 600 - 61,5 \\ &= 538,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Cek penampang balok

Perhitungan ini untuk menentukan lebar balok perlu, sehingga didapatkan lebar balok yang digunakan.

$$\begin{aligned} 1) M_n &= \frac{M_u^-}{\phi_{lentur}} \\ &= \frac{314,63}{0,9} \\ &= 349589655,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,8235 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \rho_b &= \frac{\beta}{m} \left(\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} \right) \\ &= \frac{0,85}{18,8235} \left(\frac{0,003}{0,003 + 0,002} \right) \\ &= 0,02709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \rho_{min1} &= \sqrt{\frac{f'c}{4 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{25}{4 \times 400}} \\ &= 0,003125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) \rho_{min2} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{min1} \ 0,003125 < 0,0035 \ \rho_{min2}$$

diambil nilai yang terbesar, maka $\rho_{min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} 6) \rho_{max1} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,2709 \\ &= 0,0203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7) \rho_{\max 2} &= \left(\frac{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_t} \right) \rho_b \\
 &= \left(\frac{0,003 + 0,002}{0,003 + 0,005} \right) 0,02709 \\
 &= 0,0169
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max 1} 0,0203 > 0,0169 \rho_{\max 2}$$

diambil nilai yang terkecil, maka $\rho_{\max} = 0,0169$

8) agar desain menjadi tulangan rangkap maka ρ_{pakai} diambil $0,3-0,75 \rho_{\max}$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,75 \times \rho_{\max} \\
 &= 0,75 \times 0,0169 \\
 &= 0,0127
 \end{aligned}$$

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

$$0,0035 < 0,0127 < 0,0169 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 9) R_{\max} &= \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} (\rho_{\max} \cdot m) \right) \\
 &= 0,0127 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} (0,0169 \cdot 18,8235) \right) \\
 &= 5,69 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10) B_{\text{perlu}} &= \left(\frac{M_n}{4 \cdot R_{\max}} \right)^{\frac{1}{3}} \\
 &= \left(\frac{349589655,6}{4 \cdot 5,69} \right)^{\frac{1}{3}} \\
 &= 248,52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

13) Kontrol penampang $B > B_{\text{perlu}}$

$$300 \text{ mm} > 248,52 \text{ mm (memenuhi)}$$

d. Kebutuhan tulangan rangkap

Perhitungan ini dimaksudkan mencari jumlah tulangan yang digunakan pada tulangan rangkap yang terdiri atas 2 baris tulangan. Dengan ketentuan ρ diambil $0,3-0,75 \rho_{\max}$

$$\begin{aligned}
 1) \rho_{\text{pakai}} &= 0,75 \times \rho_{\max} \\
 &= 0,75 \times 0,169 \\
 &= 0,0127
 \end{aligned}$$

$$2) A_{s1 \text{ perlu}} = \rho \times B \times d_1$$

$$= 0,0127 \times 300 \times 516,5$$

$$= 1967,89 \text{ mm}^2$$

$$3) n1_{\text{perlu}} = \frac{As1_{\text{perlu}}}{\frac{1}{4}\pi \cdot \phi_p^2} = \frac{1967,89}{\frac{1}{4}\pi \cdot 19^2}$$

$$= 6,94 \text{ buah}$$

digunakan tulangan sebanyak 8 buah

$$4) As1_{\text{terpasang}} = \frac{1}{4}\pi \cdot \phi_p^2 \cdot n1$$

$$= \frac{1}{4}\pi \cdot 19^2 \cdot 8$$

$$= 2268,23 \text{ mm}^2$$

3) mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut

$$0,85 \times f'c \times a \times b = As1 \times fy$$

$$0,85 \times 25 \times a \times 300 = 2268,23 \times 400$$

$$a = \frac{2268,23 \times 400}{0,85 \times 25 \times 300}$$

$$a = 142,32 \text{ mm}$$

$$5) Mn1_{\text{tersedia}} = 0,85 \times f'c \times a \times b \times \left(d1 \times \frac{a}{2}\right)$$

$$= 0,85 \times 25 \times 142,32 \times 300 \times \left(516,5 \times \frac{142,32}{2}\right)$$

$$= 404053261,4 \text{ Nmm}$$

Luas tulangan kembar

$$6) Mn2 = Mn - Mn1$$

$$= 349,59 \text{ kNm} - 404,05 \text{ kNm}$$

$$= -54463605,82 \text{ Nmm}$$

$$7) Ts2 = \frac{Mn2}{(d1-d') } = \frac{-54463605,82}{(516,5-61,5)}$$

$$= -119700,23 \text{ N}$$

$$8) As2 = \frac{T2}{fy} = \frac{-119700,23}{400}$$

$$= -299,25 \text{ mm}^2$$

$$9) n2 = \frac{As2}{\frac{1}{4}\pi \cdot \phi_p^2} = \frac{-299,25}{\frac{1}{4}\pi \cdot 19^2}$$

$$= -1,05 \text{ buah}$$

digunakan 4 buah tulangan

e. Detail penulangan

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengontrol jumlah tulangan pada kondisi tarik dan tekan.

$$1) \text{ Jumlah tulangan tarik} = n1 + n2 = 4 + 4$$

$$= 8 \text{ buah}$$

$$2) \text{ Jumlah baris tulangan} = 2 \text{ baris}$$

3) Pembagian tulangan

$$\text{baris atas (n1)} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{baris bawah (n2)} = 4 \text{ buah}$$

4) Jarak antar tulangan

$$s1 = \frac{B - (2(pb + \phi_s)) - n1(\phi_p)}{n1 - 1}$$

$$= \frac{300 - (2(40 + 12)) - 4(19)}{4 - 1}$$

$$= 40 \text{ mm}$$

$$\text{kontrol } s_{pakai} > 25 \text{ mm}$$

$$40 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$5) \text{ Jumlah tulangan tekan (n1)} = 4 \text{ buah}$$

$$6) \text{ Jumlah baris tulangan} = 1 \text{ baris}$$

7) Jarak antar tulangan

$$s1 = \frac{B - (2(pb + \phi_s)) - n1(\phi_p)}{n1 - 1}$$

$$= \frac{300 - (2(40 + 12)) - 4(19)}{4 - 1}$$

$$= 40 \text{ mm}$$

$$\text{kontrol } s_{pakai} > 25 \text{ mm}$$

$$40 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

f. Menghitung momen nominal tersedia negatif

Dengan asumsi tulangan tekan belum leleh. Mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut.

$$Cc + Cs = Ts1 + Ts2$$

$$Cc + fs \cdot As' = As \cdot fy$$

persamaan diatas adalah persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

$$\begin{aligned} 1) X &= 0,85 \times b \times f'c \\ &= 0,85 \times 300 \times 25 \\ &= 6375 a^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) Y &= (A_{s_{tekan}} \times \varepsilon_{cu} \times E_s) - (A_{s_{tarik}} \times f_y) \\ &= (1134,12 \times 0,003 \times 200000) - (2268,23 \times 400) \\ &= -226822,99 a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) Z &= -\beta \times \varepsilon_{cu} \times E_s \times d' \times A_{s_{tekan}} \\ &= -0,85 \times 0,003 \times 200000 \times 61,5 \times 1134,12 \\ &= -35571515,34 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$\begin{aligned} 4) a1 &= \frac{(-Y + \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(226822,99 + \sqrt{(-226822,99)^2 - 4 \times 6375 \times (-35571515,34)})}{2 \times 6375} \\ &= 94,58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) a2 &= \frac{(-Y - \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(226822,99 - \sqrt{(-226822,99)^2 - 4 \times 6375 \times (-35571515,34)})}{2 \times 6375} \\ &= -58,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

6) nilai a yang digunakan dipilih dengan syarat lebih dari 0 (positif)

$$a_{pakai} = 94,58 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 7) c &= \frac{a}{\beta} = \frac{94,58}{0,85} \\ &= 111,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8) \varepsilon_s' &= \left(\frac{c-d'}{c} \right) \varepsilon_{cu} \\ &= \left(\frac{111,27 - 61,5}{111,27} \right) 0,003 \\ &= 0,00134 \end{aligned}$$

kontrol $\varepsilon_s' < \varepsilon_y$

$$0,00134 < 0,002 \text{ (asumsi benar, belum leleh)}$$

$$\begin{aligned}
 9) \ \varepsilon_s &= \left(\frac{d1-c}{c} \right) \varepsilon_{cu} \\
 &= \left(\frac{516,5-111,27}{111,27} \right) 0,003 \\
 &= 0,0109
 \end{aligned}$$

kontrol $\varepsilon_s > \varepsilon_y$

$$0,0109 > 0,002 \text{ (asumsi benar, tul. tarik leleh)}$$

Mengecek faktor reduksi lentur

$$\begin{aligned}
 10) \ d_{st} &= pb + \phi_s + \frac{\phi_p}{2} \\
 &= 40 + 12 + \frac{19}{2} \\
 &= 61,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11) \ d_t &= H_{balok} - d_{st} \\
 &= 600 - 61,5 \\
 &= 538,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 12) \ \varepsilon_t &= \left(\frac{d_t-c}{c} \right) \varepsilon_{cu} \\
 &= \left(\frac{538,5-111,27}{111,27} \right) 0,003 \\
 &= 0,0115
 \end{aligned}$$

kontrol $\varepsilon_s > 0,005$

$$0,0115 > 0,005 \text{ (asumsi benar, faktor reduksi} = 0,9)$$

$$\begin{aligned}
 13) \ M_{n1} &= 0,85 \cdot f'c \cdot B \cdot a \cdot \left(d1 - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 94,58 \times \left(516,5 - \frac{94,58}{2} \right) \\
 &= 282902565,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 14) \ M_{n2} &= A_{s_{tekan}} \cdot E_s \cdot \varepsilon_s' \cdot (d1 - d') \\
 &= 1134,12 \times 200000 \times 0,00138 \times (516,5 - 61,5) \\
 &= 138483663,7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 15) \ M_n &= M_{n1} + M_{n2} \\
 &= 282902565,5 + 138483663,7 \\
 &= 421386229,2 \text{ Nmm} \\
 &= 421,39 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

kontrol desain momen nominal negatif dengan syarat $Mn^- > \frac{Mu^-}{\phi}$

$$421,39 \text{ kNm} > \frac{314,63}{0,9} = 349,59 \text{ kNm} \text{ (memenuhi)}$$

g. Menghitung momen nominal tersedia positif

Dengan asumsi tulangan tekan belum leleh. Mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut.

$$Cc + Cs = Ts1 + Ts2$$

$$Cc + fs \cdot As' = As \cdot fy$$

persamaan diatas adalah persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

$$\begin{aligned} 1) X &= 0,85 \times b \times f'c \\ &= 0,85 \times 300 \times 25 \\ &= 6375 \text{ a}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) Y &= (As_{tarik} \times \epsilon_{cu} \times Es) - (As_{tekan} \times fy) \\ &= (2268,23 \times 0,003 \times 200000) - (1134,12 \times 400) \\ &= -907291,96 \text{ a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) Z &= -\beta \times \epsilon_{cu} \times Es \times ds \times As_{tarik} \\ &= -0,85 \times 0,003 \times 200000 \times 83,5 \times 1134,12 \\ &= -96592570,12 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$\begin{aligned} 4) a1 &= \frac{(-Y + \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(907291,96 + \sqrt{(-907291,96)^2 - 4 \times 6375 \times (-96592570,12)})}{2 \times 6375} \end{aligned}$$

$$= 71,02 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 5) a2 &= \frac{(-Y - \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(907291,96 - \sqrt{(-907291,96)^2 - 4 \times 6375 \times (-96592570,12)})}{2 \times 6375} \end{aligned}$$

$$= -213,34 \text{ mm}$$

6) nilai a yang digunakan dipilih dengan syarat lebih dari 0 (positif)

$$a_{pakai} = 71,02 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 7) c &= \frac{a}{\beta} = \frac{71,02}{0,85} \\ &= 83,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8) \varepsilon_s' &= \left(\frac{c-ds}{c} \right) \varepsilon_{cu} \\ &= \left(\frac{83,55-83,5}{83,55} \right) 0,003 \\ &= 0,00002 \end{aligned}$$

$$\text{kontrol } \varepsilon_s' < \varepsilon_y$$

$$0,00002 < 0,002 \text{ (asumsi benar, belum leleh)}$$

$$\begin{aligned} 9) \varepsilon_s &= \left(\frac{d2-c}{c} \right) \varepsilon_{cu} \\ &= \left(\frac{538,5-83,55}{83,55} \right) 0,003 \\ &= 0,0163 \end{aligned}$$

$$\text{kontrol } \varepsilon_s > \varepsilon_y$$

$$0,0163 > 0,002 \text{ (asumsi benar, tul. tarik leleh)}$$

Mengecek faktor reduksi lentur

$$\begin{aligned} 10) d_{st} &= pb + \phi_s + \frac{\phi_p}{2} \\ &= 40 + 12 + \frac{19}{2} \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11) dt &= H_{balok} - d_{st} \\ &= 600 - 61,5 \\ &= 538,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12) \varepsilon_t &= \left(\frac{dt-c}{c} \right) \varepsilon_{cu} \\ &= \left(\frac{538,5-83,55}{83,55} \right) 0,003 \\ &= 0,0163 \end{aligned}$$

$$\text{kontrol } \varepsilon_s > 0,005$$

$$0,0163 > 0,005 \text{ (asumsi benar, faktor reduksi} = 0,9)$$

$$\begin{aligned} 13) M_{n1} &= 0,85 \cdot f'c \cdot B \cdot a \cdot \left(d2 - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 71,02 \times \left(538,5 - \frac{71,02}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 227733617,5 \text{ Nmm}$$

$$14) M_{n2} = A_{s_{tarik}} \cdot E_s \cdot \varepsilon_s' \cdot (d2 - ds)$$

$$= 1134,12 \times 200000 \times 0,00002 \times (538,5 - 83,5)$$

$$= 402992,56 \text{ Nmm}$$

$$15) M_n^+ = M_{n1} + M_{n2}$$

$$= 227733617,5 + 402992,56$$

$$= 228136610,1 \text{ Nmm}$$

$$= 228,14 \text{ kNm}$$

kontrol desain momen nominal negatif dengan syarat $M_n^+ > \frac{M_u^+}{\phi}$

$$228,14 \text{ kNm} > \frac{160,27}{0,9} = 178,08 \text{ kNm} \text{ (memenuhi)}$$

h. Menghitung momen kapasitas negatif

Dengan asumsi tulangan tekan belum leleh. Mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut.

$$C_c + C_s = T_{s1} + T_{s2}$$

$$C_c + f_s \cdot A_{s'} = \phi O \cdot A_s \cdot f_y$$

persamaan diatas adalah persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

$$1) X = 0,85 \times b \times f'c$$

$$= 0,85 \times 300 \times 25$$

$$= 6375 \text{ a}^2$$

$$2) Y = (A_{s_{tekan}} \times \varepsilon_{cu} \times E_s) - (A_{s_{tarik}} \times f_y \times \phi O)$$

$$= (1134,12 \times 0,003 \times 200000) - (2268,23 \times 400 \times 1,25)$$

$$= -453645,98 \text{ a}$$

$$3) Z = -\beta \times \varepsilon_{cu} \times E_s \times d' \times A_{s_{tekan}}$$

$$= -0,85 \times 0,003 \times 200000 \times 61,5 \times 1134,12$$

$$= -35571515,34$$

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$\begin{aligned}
 4) a_1 &= \frac{(-Y + \sqrt{(Y^2) - 4.X.Z})}{2.X} \\
 &= \frac{(453645,98 + \sqrt{(-453645,98^2) - 4 \times 6375 \times (-355171515,34)})}{2 \times 6375} \\
 &= 118,32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) a_2 &= \frac{(-Y - \sqrt{(Y^2) - 4.X.Z})}{2.X} \\
 &= \frac{(453645,98 - \sqrt{(-453645,98^2) - 4 \times 6375 \times (-355171515,34)})}{2 \times 6375} \\
 &= -47,16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

6) nilai a yang digunakan dipilih dengan syarat lebih dari 0 (positif)

$$a_{\text{pakai}} = 118,32 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 7) c &= \frac{a}{\beta} = \frac{118,32}{0,85} \\
 &= 139,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 8) \epsilon_s' &= \left(\frac{c-d'}{c} \right) \epsilon_{cu} \\
 &= \left(\frac{139,2-61,5}{139,2} \right) 0,003 \\
 &= 0,00167
 \end{aligned}$$

kontrol $\epsilon_s' < \epsilon_y$

$$0,00167 < 0,002 \text{ (asumsi benar, belum leleh)}$$

$$\begin{aligned}
 9) M_{n1} &= 0,85 \cdot f'c \cdot B \cdot a \cdot \left(d_1 - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 118,32 \times \left(516,5 - \frac{118,32}{2} \right) \\
 &= 344965339,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10) M_{n2} &= A_{stekan} \cdot E_s \cdot \epsilon_s' \cdot (d_1 - d') \\
 &= 1134,12 \times 200000 \times 0,00167 \times (516,5 - 61,5) \\
 &= 172822235,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11) M_{pr}^- &= M_{n1} + M_{n2} \\
 &= 344965339,9 + 172822235,3 \\
 &= 517787575,2 \text{ Nmm} \\
 &= 517,79 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 12) M_{pr_u}^- &= M_{pr}^- \times \phi = 517,79 \times 0,9 \\
 &= 466,01 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

kontrol desain momen nominal negatif dengan syarat $Mpr_u^- > Mu^-$
 $466,01 \text{ kNm} > 314,63 \text{ kNm}$ (memenuhi)

i. Menghitung momen kapasitas positif

Dengan asumsi tulangan tekan belum leleh. Mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut.

$$Cc + Cs = Ts1 + Ts2$$

$$Cc + fs \cdot As' = \phi O \cdot As \cdot fy$$

persamaan diatas adalah persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

$$\begin{aligned} 1) X &= 0,85 \times b \times f'c \\ &= 0,85 \times 300 \times 25 \\ &= 6375 a^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) Y &= (As_{tarik} \times \varepsilon_{cu} \times Es) - (As_{tekan} \times fy \times \phi O) \\ &= (2268,23 \times 0,003 \times 200000) - (1134,12 \times 400 \times 1,25) \\ &= -793880,46 a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) Z &= -\beta \times \varepsilon_{cu} \times Es \times ds \times As_{tarik} \\ &= -0,85 \times 0,003 \times 200000 \times 83,5 \times 2268,23 \\ &= -96592570,12 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$\begin{aligned} 4) a1 &= \frac{(-Y + \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(793880,46 + \sqrt{(-793880,46)^2 - 4 \times 6375 \times (-96592570,12)})}{2 \times 6375} \\ &= 75,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) a2 &= \frac{(-Y - \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(793880,46 - \sqrt{(-793880,46)^2 - 4 \times 6375 \times (-96592570,12)})}{2 \times 6375} \\ &= -200,21 \text{ mm} \end{aligned}$$

6) nilai a yang digunakan dipilih dengan syarat lebih dari 0 (positif)

$$a_{pakai} = 75,58 \text{ mm}$$

$$7) c = \frac{a}{\beta} = \frac{75,68}{0,85}$$

$$= 89,03 \text{ mm}$$

$$8) \varepsilon_s' = \left(\frac{c-ds}{c} \right) \varepsilon_{cu}$$

$$= \left(\frac{89,03-83,5}{89,03} \right) 0,003$$

$$= 0,0002$$

kontrol $\varepsilon_s' < \varepsilon_y$

$$0,0002 < 0,002 \text{ (asumsi benar)}$$

$$9) M_n1 = 0,85 \cdot f'c \cdot B \cdot a \cdot \left(d2 - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \times 25 \times 300 \times 75,68 \times \left(538,5 - \frac{75,68}{2} \right)$$

$$= 241546953,8 \text{ Nmm}$$

$$10) M_n2 = A_{s_{tarik}} \cdot E_s \cdot \varepsilon_s' \cdot (d2 - ds)$$

$$= 2268,23 \times 200000 \times 0,0002 \times (538,5 - 83,5)$$

$$= 38493295,64 \text{ Nmm}$$

$$11) M_{pr}^+ = M_n1 + M_n2$$

$$= 241546953,8 + 38493295,64$$

$$= 280040249,4 \text{ Nmm}$$

$$= 280,04 \text{ kNm}$$

$$12) M_{pr_u}^+ = M_{pr}^+ \times \varphi = 280,04 \times 0,9$$

$$= 252,04 \text{ kNm}$$

kontrol desain momen nominal negatif dengan syarat $M_{pr_u}^+ > M_u^+$
 $252,04 \text{ kNm} > 160,27 \text{ kNm}$ (memenuhi)

2. Perhitungan tulangan pada daerah lapangan

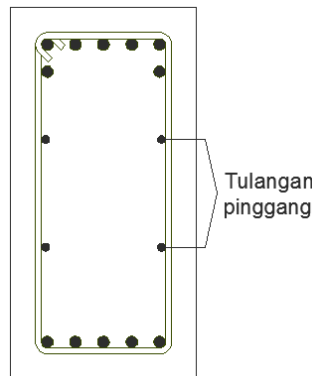
Contoh perhitungan digunakan balok B1 lantai 2. Tahapan perhitungannya sama, namun yang mendapat perubahan hanya pada nilai Momen nya saja. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

- a. $M_{pr}^- = 280,04 \text{ kNm}$
- b. $M_{pr}^+ = 517,79 \text{ kNm}$
- c. $M_{pr_u}^- = 252,04 \text{ kNm}$
- d. $M_{pr_u}^+ = 466,01 \text{ kNm}$

Untuk balok induk tipe B3 dilakukan langkah perhitungan yang sama, namun hanya merubah nilai momen, tulangan yang digunakan, dan dimensi baloknya.

5.4.1.2 Perhitungan Tulangan Susut Balok

Tulangan susut atau pinggang digunakan agar beton pada balok tidak mengalami penyusutan dimensi, selain itu tidak diperbolehkannya ada jarak 30 cm dalam beton tanpa penulangan. Perhitungannya sebagai berikut.



Gambar 5.10 Letak Tulangan Susut / Pinggang

1. Diketahui data :
 - a. Tegangan leleh baja (f_y): 400 MPa
 - b. Lebar balok B1 : 300 mm
 - c. Tinggi balok B1 : 600 mm
 - d. Diameter tul. susut : 13 mm
2. Berdasarkan SNI 1991, pasal 3.16.12.2, rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut :
 - a. \leq BJTD-30 maka $A_{sst} = 0,002 \times b \times h$
 - b. BJTD-40 maka $A_{sst} = 0,0018 \times b \times h$
 - c. \geq BJTD-40 maka $A_{sst} = 0,0018 \times b \times h \times \left(\frac{400}{f_y}\right)$

tetapi dalam segala hal tidak boleh kurang dari $0,0014 \times b \times h$.
3. Sehingga perhitungan kebutuhan tulangan susut sebagai berikut.
 - a. $A_{sst} = \rho_{sst} \times b \times h$
 $= 0,002 \times 300 \times 600$
 $= 360 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{b. } n_{sst} &= \frac{A_{sst}}{\frac{1}{4}\pi \cdot \phi_p^2} = \frac{360}{\frac{1}{4}\pi \cdot 13^2} \\ &= 2,71 \text{ buah} \end{aligned}$$

digunakan jumlah tulangan susut 4 buah.

5.4.1.3 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk (Sengkang / Begel)

Tulangan sengkang digunakan sebagai penahan gaya geser yang terjadi pada balok dalam menerima beban gravitasi dan gempa. Berikut ini contoh langkah-langkah perhitungan dari balok B1 pada lantai 1.

1. Data balok dan material

- a. Panjang balok (L) : 6000 mm
- b. Lebar kolom kiri ($b_{k_{ki}}$) : 600 mm
- c. Lebar kolom kanan ($b_{k_{ka}}$) : 600 mm
- d. Panjang bersih (L_{net}) : $L - (0,5x b_{k_{ki}}) - (0,5x b_{k_{ka}})$
: $6000 - (0,5x600) - (0,5x600)$
: 5400 mm
- e. Momen kap. negatif (M_{pr^-}) : 517,79 kNm
- f. Momen kap. positif (M_{pr^+}) : 280,04 kNm
- g. Kuat tekan beton (f'_c) : 25 MPa
- h. Teg. leleh baja polos (f_y) : 240 MPa
- i. Diameter tul. sengkang : 12 mm
- j. Diameter tul. pokok : 19 mm
- k. Faktor reduksi (ϕ) : 0,75

2. Menghitung kebutuhan jarak tulangan daerah sendi plastis

Nilai besarnya gaya geser didapat dari Tabel 5.2 Rekap Momen dan Geser B1 dan B3 sebelumnya.

$$\text{a. } V_g = 300,99 \text{ kN (dari ETABS)}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } V_e &= \frac{(M_{pr^-} + M_{pr^+})}{L_{net}} \\ &= \frac{(517,79 + 280,04)}{5,4} \\ &= 147,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } Vu1 &= Ve + Vg \\ &= 147,75 + 300,99 \\ &= 549,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } Ag &= b \times h \\ &= 300 \times 600 \\ &= 180000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } Vc &= \frac{\left(\frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d\right)}{1000} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 300 \times 516,5\right)}{1000} \\ &= 129,125 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. } Vs1 &= Vu1 - Vc \\ &= 549,06 - 129,125 \\ &= 419,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. } Av &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 113,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dicoba dengan sengkang 3 kaki (n=3)

$$\begin{aligned} \text{h. } S &= \frac{n \times Av \times d \times fy}{Vs1 \times 1000} \\ &= \frac{3 \times 113,1 \times 516,5 \times 240}{419,94 \times 1000} \\ &= 100,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

digunakan = 100 mm

i. Cek syarat SNI hal. 181

$$1) \frac{d}{4} = \frac{518,5}{4} = 129,625 \text{ mm}$$

$$2) 8 \times \phi_p = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

$$3) 24 \times \phi_s = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$$

$$4) 300 \text{ mm}$$

Dari ke-empat syarat tersebut diambil yang terkecil yaitu 129,625 mm.

dengan kontrol $S <$ syarat minimal.

100 mm $<$ 129,625 mm (memenuhi)

Setelah itu kontrol dengan syarat sebagai berikut.

j. $S > 50 \text{ mm}$

$$100 \text{ mm} > 50 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

3. Menghitung kebutuhan jarak tulangan daerah luar sendi plastis

$$\begin{aligned} \text{a. } Vu2 &= Ve + Vg \\ &= 147,75 + 195,13 \\ &= 407,92 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Vs2 &= Vu2 - Vc \\ &= 407,92 - 129,125 \\ &= 278,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

dicoba dengan sengkang 3 kaki ($n=3$)

$$\begin{aligned} \text{c. } S &= \frac{n \times Av \times d2 \times fy}{Vs2 \times 1000} \\ &= \frac{3 \times 113,1 \times 538,5 \times 240}{278,8 \times 1000} \\ &= 157,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{digunakan} = 150 \text{ mm}$$

d. Cek jarak dengan syarat

$$\text{a) } d2/2 = 540,5/2 = 270,25 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{b) } 50 \text{ mm} < 150 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Langkah-langkah perhitungan tersebut dilakukan kembali dengan data balok B3 untuk mendapatkan kebutuhan jarak tulangan geser dari balok tersebut.

5.4.1.4 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

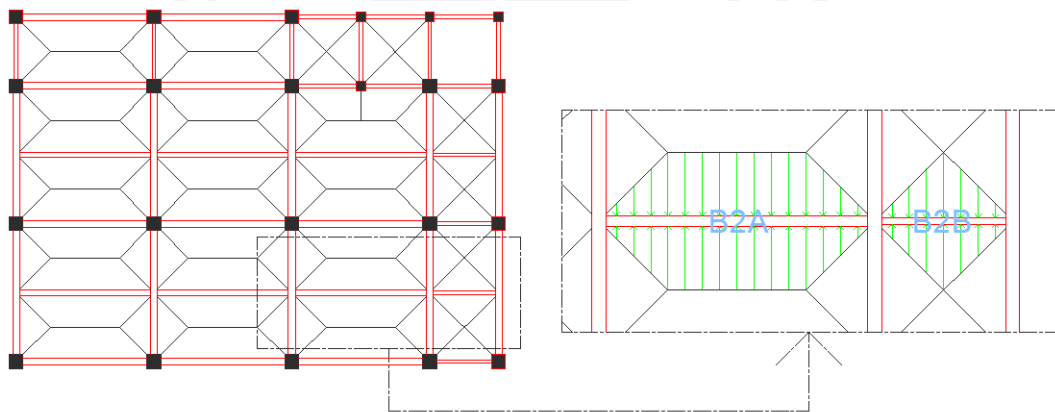
Setelah menganalisis balok seperti pada perhitungan-perhitungan sebelumnya, didapatkan rekapitulasi penulangan balok induk sebagai berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Balok	B (mm)	H (mm)	Bagian	Daerah		Tul. Susut	Tulangan Geser	
				Tumpuan	Lapangan		Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis
B1	300	600	Atas	8D19	4D19	4D13	1,5P12-100 mm	1,5P12-150 mm
			Bawah	4D19	8D19			
B3	150	300	Atas	4D13	2D13	-	1P10-100 mm	1P10-150 mm
			Bawah	2D13	4D13			

5.4.2 Balok Anak

Balok anak terletak terjepit diantara balok induk dan memiliki fungsi pembagi luasan pelat agar beban yang terjadi dapat diperkecil oleh pembagi itu sendiri, dalam menentukan dimensi awal balok anak menggunakan rumus $H_B = \frac{1}{15} \times L_{bentang}$.



Gambar 5.11 Tributary Area terhadap Balok Anak

Konsep dari analisis balok anak yang dimaksud adalah menentukan ukuran balok, jumlah, komposisi dan penempatan tulangan agar dapat menyediakan kekuatan yang sama atau lebih. Balok anak dalam perencanaan bangunan ini terdapat dua macam yaitu B2A dan B2B yang memiliki panjang bentang 6 m dan 3 m. Berikut analisa balok anak dari perencanaan ini.

1. Menentukan dimensi awal balok

a. Balok anak B2A

1) Mencari tinggi balok (H_B) : $\frac{1}{15} \times 6 = 0,4 \text{ m}$

2) Mencari lebar balok (B_B) : $\frac{1}{2} \times H_B = \frac{1}{2} \times 0,4 = 0,2 \text{ m}$

: digunakan 0,24 m

b. Balok anak B2B

$$1) \text{ Mencari tinggi balok } (H_B) : \frac{1}{15} \times 3 = 0,2 \text{ m}$$

: digunakan 0,25 m

$$2) \text{ Mencari lebar balok } (B_B) : \frac{1}{2} \times H_B = \frac{1}{2} \times 0,25 = 0,125 \text{ m}$$

: digunakan 0,15 m

2. Menentukan beban diatas balok

Beban yang direncanakan pada balok adalah beban mati akibat partisi *gypsum board* sebagai sekat ruangan. Partisi *gypsum board* sendiri memiliki berat jenis $0,167 \text{ kN/m}^3$. Berikut salah satu perhitungan pembebanan untuk B2A maupun B2B yang menopang pelat dengan fungsi ruang kantor.

a. Tinggi partisi : tinggi sekat - tinggi balok B2

$$: 3,5 \text{ m} - 0,4 \text{ m} = 3,1 \text{ m}$$

b. Berat partisi : $3,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,167 \text{ kN/m}^3$

$$= 0,052 \text{ kN/m}$$

c. Berat beban mati pelat : $4,7 \text{ kN/m}^2$ d. Berat beban hidup pelat : $2,4 \text{ kN/m}^2$

$$e. \text{ Beban mati trapesium } (W_{Dtrap}) = \left(\frac{1}{6} \times Q \times Lx \times \left(3 - \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right) \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{1}{6} \times 4,752 \times 3 \times \left(3 - \left(\frac{3}{6} \right)^2 \right) \right) \times 2$$

$$= 13,07 \text{ kN/m}$$

$$f. \text{ Beban hidup trapesium } (W_{Ltrap}) = \left(\frac{1}{6} \times 2,4 \times 3 \times \left(3 - \left(\frac{3}{6} \right)^2 \right) \right) \times 2$$

$$= 6,6 \text{ kN/m}$$

$$g. \text{ Beban mati segitiga } (W_{Dseg}) = \left(\frac{1}{3} \times Q \times Lx \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times 6,652 \times 3 \right) \times 2$$

$$= 13,304 \text{ kN/m}$$

$$h. \text{ Beban hidup segitiga } (W_{Lseg}) = \left(\frac{1}{3} \times 2,4 \times 3 \right) \times 2$$

$$= 4,8 \text{ kN/m}$$

3. Mencari besaran nilai momen dan gaya geser

Besaran nilai-nilai gaya tersebut didapatkan dari hasil analisa struktur bangunan dari ETABS dengan cara yang sama pada mencari nilai gaya pada balok induk. Maka didapat nilai besaran momen dan gaya geser seperti tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Momen dan Geser B2A dan B2B

LANTAI	MOMEN (M3) B2A				MOMEN (M3) B2B			
	TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN		LAPANGAN	
	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+
4	-56,7068	5,8689	-4,1323	29,5184	-	-	-	-
3	-84,2389	21,3449	-1,3379	47,009	-9,08	0,2188	-0,4111	3,2876
2	-72,1674	22,3284	-0,9648	44,9056	-8,8232	0,4353	-0,7496	2,8905
1	-73,5327	26,0522	-6,7961	40,9812	-10,9298	2,86	-1,8822	3,1004
LANTAI	GESER (V2) B2A				GESER (V2) B2B			
	TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN		LAPANGAN	
	-	+	-	+	-	+	-	+
4	-60,5305	60,4534	-27,773	27,8633	-	-	-	-
3	-93,73	93,4568	-42,3476	42,4017	-21,1599	19,9696	-13,1637	11,8539
2	-79,0944	78,2835	-36,3558	37,2646	-20,7712	19,5904	-13,3551	12,0402
1	-78,2792	76,4917	-36,4976	37,3378	-21,1413	20,2141	-15,4065	13,9612

4. Redistribusi momen balok

Sama seperti perencanaan balok induk sebelumnya, dilakukan redistribusi momen pada balok anak. Dengan syarat dan perhitungan yang sama, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Redistribusi Momen Balok Anak

LANTAI	Balok B2A							
	TUMPUAN			LAPANGAN			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM	LAP
4	15%	47,39	14,79	15%	8,66	24,67	REDIS	REDIS

3	15%	72,01	24,44	15%	8,47	39,97	REDIS	REDIS
2	15%	61,35	23,36	15%	7,71	38,17	REDIS	REDIS
1	15%	60,63	26,32	15%	13,01	34,84	REDIS	REDIS
LANTAI	Balok B2B							
	TUMPUAN			LAPANGAN			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM	LAP
3	15%	7,73	1,59	15%	0,90	2,79	REDIS	REDIS
2	15%	7,51	1,66	15%	1,18	2,43	REDIS	REDIS
1	15%	8,11	4,11	0%	1,89	2,89	AMAN	AMAN

Dikarenakan adanya momen yang setelah didistribusi tetap belum memenuhi syarat, sehingga dilakukan penetapan momen sesuai dengan rumus diatas. berikut ini rekapitulasi nilai momen yang ditetapkan.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Nilai Momen Balok Anak yang Ditetapkan

LANTAI	Balok B2A							
	TUMPUAN			LAPANGAN			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM	LAP
4	fixed	47,39	23,70	fixed	12,33	24,67	AMAN	AMAN
3	fixed	72,01	36,00	fixed	19,98	39,97	AMAN	AMAN
2	fixed	61,35	30,68	fixed	19,08	38,17	AMAN	AMAN
1	fixed	60,63	30,31	fixed	17,42	34,84	AMAN	AMAN
LANTAI	Balok B2B							
	TUMPUAN			LAPANGAN			KONTROL	
	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	PERSEN	M- (kNm)	M+ (kNm)	TUM	LAP
3	fixed	7,73	3,87	fixed	1,40	2,79	AMAN	AMAN
2	fixed	7,51	3,75	fixed	1,21	2,43	AMAN	AMAN
1	15%	8,11	4,11	0%	1,89	2,89	AMAN	AMAN

5.4.2.1 Perhitungan Tulangan Tunggal Balok Anak

Penulangan pada balok anak didesain dengan tulangan tunggal. Berikut contoh perhitungan penulangan pada balok B2A pada lantai 1.

1. Perhitungan pada daerah tumpuan

a. Data dan mutu material

1) Kuat tekan beton ($f'c$) = 25 Mpa

2) Teg. leleh baja ulir (f_y) = 400 MPa

$$3) \text{ Modulus elastis baja } (E_s) = 200000 \text{ MPa}$$

4) Regangan maks. serat

$$\text{desak beton } (\epsilon_{cu}) = 0,003$$

$$5) \epsilon_y (f_y/E_s) = 0,002$$

$$6) \epsilon_t = 0,005$$

$$7) \text{ Tulangan pokok } D (\phi_p) = 13 \text{ mm}$$

$$8) \text{ Tulangan sengkang } P (\phi_s) = 10 \text{ mm}$$

$$9) \text{ Selimut beton } (pb) = 30 \text{ mm}$$

$$10) \beta \text{ untuk } f'_c < 28 \text{ MPa} = 0,85$$

$$11) \text{ Faktor reduksi } (\phi) = 0,9$$

b. Parameter tinggi balok

$$\begin{aligned} 1) ds &= pb + \phi_{sengkang} + \frac{\phi_{pokok}}{2} \\ &= 30 + 10 + \frac{16}{2} \\ &= 48 \text{ mm (asumsi tul. tarik 1 baris)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) d &= H - ds = 400 - 48 \\ &= 352 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Cek penampang balok

Perhitungan ini untuk menentukan lebar balok perlu, sehingga didapatkan lebar balok yang digunakan.

$$\begin{aligned} 1) Mn &= \frac{Mu^-}{\phi_{lentur}} \\ &= \frac{72,01}{0,9} \\ &= 80010122,22 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,8235 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) pb &= \frac{\beta}{m} \left(\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} \right) \\ &= \frac{0,85}{18,8235} \left(\frac{0,003}{0,003 + 0,002} \right) \\ &= 0,02709 \end{aligned}$$

$$4) \rho_{\min 1} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$5) \rho_{\min 2} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \times f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 400}$$

$$= 0,0031$$

digunakan ρ_{\min} yang terbesar = 0,0035

$$6) \rho_{\max} = \left(\frac{0,003 + \varepsilon_y}{0,003 + 0,005} \right) \times \rho_b$$

$$= \left(\frac{0,003 + 0,002}{0,003 + 0,005} \right) \times 0,02709$$

$$= 0,0169$$

$$7) \rho_{\text{pakai}} = 0,5 \times \rho_{\max} = 0,5 \times 0,0169$$

$$= 0,0085$$

$$8) R_b = \rho_b \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} (\rho_b \cdot m) \right)$$

$$= 0,2709 \times 400 \times \left(1 - \frac{1}{2} \times (0,2709 \times 18,8235) \right)$$

$$= 8,0739 \text{ MPa}$$

$$9) R_{\max} = \rho_{\text{pakai}} \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} (\rho_{\text{pakai}} \cdot m) \right)$$

$$= 0,0085 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} (0,0085 \times 18,8235) \right)$$

$$= 3,117 \text{ MPa}$$

$$10) B_{\text{perlu}} = \left(\frac{Mn}{4 \cdot R_{\max}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left(\frac{80010122,22}{4 \cdot 3,117} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 185,83 \text{ mm}$$

Kontrol penampang $B > B_{\text{perlu}}$

240 mm > 185,83 mm (memenuhi)

$$11) d_{\text{perlu}} = \sqrt{\left(\frac{b \times d^2}{b} \right)} = \sqrt{\left(\frac{Mn/R_{\max}}{b} \right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{80010122,22/3,117}{240} \right)}$$

$$= 327,05 \text{ mm}$$

Kontrol $d = 352 \text{ mm} > 327,05 \text{ mm}$ d_{perlu} (memenuhi)

d. Kebutuhan tulangan tunggal

Perhitungan ini dimaksudkan mencari jumlah tulangan yang digunakan pada tulangan tunggal yang terdiri atas 1 baris tulangan.

$$1) R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{80010122,22}{240 \times 352^2}$$

$$= 2,69$$

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

$$= \frac{1}{18,8235} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 18,8235 \times 2,69)}{400}} \right)$$

$$= 0,0072$$

$$3) A_s = \rho \times b \times d = 0,0072 \times 240 \times 352$$

$$= 609,66 \text{ mm}^2$$

$$4) n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \cdot \phi_p^2} = \frac{609,66}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2}$$

$$= 3,032 \text{ buah}$$

digunakan 4 buah tulangan

$$5) A_{s\text{terpasang}} = \frac{1}{4} \pi \cdot \phi_p^2 \cdot n$$

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot 16^2 \cdot 4$$

$$= 804,25 \text{ mm}^2$$

6) mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut

$$T_s = C_c$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot B$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot B}$$

$$a = \frac{804,25 \times 400}{0,85 \times 25 \times 240}$$

$$a = 63,08 \text{ mm}$$

$$7) M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \times 25 \times 63,08 \times 240 \times \left(352 - \frac{63,08}{2} \right)$$

$$= 103,09 \text{ kNm}$$

$$= 103091970,7 \text{ Nmm}$$

Kontrol momen dengan faktor reduksi = $Mn \times \phi$

$$Mn \times \phi = 103,09 \times 0,9 = 92,78 \text{ kNm} > 72,01 \text{ kNm (memenuhi)}$$

e. Detail penulangan

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengontrol jumlah tulangan pada kondisi tarik dan tekan.

- 1) Jumlah tulangan (n) = 4 buah
- 2) Jumlah baris tulangan = 1 baris
- 3) Jarak antar tulangan

$$s1 = \frac{B - (2(pb + \phi_s)) - n(\phi_p)}{n - 1}$$

$$= \frac{240 - (2(30 + 10)) - 4(16)}{4 - 1}$$

$$= 32 \text{ mm}$$

kontrol $s_{pakai} > 25 \text{ mm}$

$$32 \text{ mm} > 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

f. Cek rasio tulangan dari luas tulangan terpasang

Pengecekan dilakukan untuk memastikan tulangan yang digunakan mencukupi dari batas luasan (rasio) tulangan minimal dan maksimal.

$$1) A_{Stul} = \frac{1}{4} \pi \cdot \phi_p^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot 16^2$$

$$= 201,06 \text{ mm}^2$$

$$2) A_s \text{ tarik} = A_{Stul} \times \text{Jumlah tulangan}$$

$$= 201,06 \times 4$$

$$= 804,25 \text{ mm}^2$$

$$3) A_s \text{ tekan} = A_{Stul} \times \text{Jumlah tulangan}$$

$$= 201,06 \times 2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2$$

$$4) \text{ rasio tul. } (\rho) = \frac{A_{Starik} + A_{Stekan}}{b \times d}$$

$$= \frac{804,25 + 402,12}{240 \times 352}$$

$$= 0,014$$

kontrol rasio tulangan dengan syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$0,0035 < 0,014 < 0,0169$ (memenuhi)

2. Perhitungan pada daerah lapangan

- a. Data dan mutu material sama dengan daerah tumpuan
- b. Parameter tinggi balok sama dengan daerah tumpuan
- c. Cek penampang balok

Perhitungan ini untuk menentukan lebar balok perlu, sehingga didapatkan lebar balok yang digunakan.

$$\begin{aligned} 1) M_n &= \frac{Mu^+}{\phi_{lentur}} \\ &= \frac{39,97}{0,9} \\ &= 44409194,44 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,8235 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \rho_b &= \frac{\beta}{m} \left(\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} \right) \\ &= \frac{0,85}{18,8235} \left(\frac{0,003}{0,003 + 0,002} \right) \\ &= 0,02709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \rho_{\min 1} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) \rho_{\min 2} &= \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} \\ &= 0,0031 \end{aligned}$$

digunakan ρ_{\min} yang terbesar = 0,0035

$$\begin{aligned} 6) \rho_{\max} &= \left(\frac{0,003 + \epsilon_y}{0,003 + 0,005} \right) \times \rho_b \\ &= \left(\frac{0,003 + 0,002}{0,003 + 0,005} \right) \times 0,02709 \\ &= 0,0169 \end{aligned}$$

$$7) \rho_{\text{pakai}} = 0,5 \times \rho_{\max} = 0,5 \times 0,0169$$

$$= 0,0085$$

$$\begin{aligned} 8) R_b &= \rho b \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2}(\rho b \cdot m)\right) \\ &= 0,2709 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2}(0,2709 \times 18,8235)\right) \\ &= 8,0739 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9) R_{max} &= \rho_{pakai} \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2}(\rho_{pakai} \cdot m)\right) \\ &= 0,0085 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2}(0,0085 \times 18,8235)\right) \\ &= 3,117 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10) B_{perlu} &= \left(\frac{Mn}{4 \cdot R_{max}}\right)^{\frac{1}{3}} \\ &= \left(\frac{44409194,44}{4 \cdot 3,117}\right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 152,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol penampang $B > B_{perlu}$

$$240 \text{ mm} > 152,72 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} 11) d_{perlu} &= \sqrt{\left(\frac{(b \times d^2)}{b}\right)} = \sqrt{\left(\frac{(Mn/R_{max})}{b}\right)} \\ &= \sqrt{\left(\frac{(44409194,44/3,117)}{240}\right)} \\ &= 243,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol $d \ 352 \text{ mm} > 243,65 \text{ mm}$ d_{perlu} (memenuhi)

d. Kebutuhan tulangan tunggal

Perhitungan ini dimaksudkan mencari jumlah tulangan yang digunakan pada tulangan tunggal yang terdiri atas 1 baris tulangan.

$$\begin{aligned} 1) R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{44409194,44}{240 \times 352^2} \\ &= 1,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times m \times R_n)}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{18,8235} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 18,8235 \times 1,49)}{400}}\right) \\ &= 0,0039 \end{aligned}$$

$$3) A_s = \rho \times b \times d = 0,0039 \times 240 \times 352 \\ = 327,34 \text{ mm}^2$$

$$4) n = \frac{A_s}{\frac{1}{4}\pi \cdot \phi_p^2} = \frac{327,34}{\frac{1}{4}\pi \cdot 16^2} \\ = 1,63 \text{ buah}$$

digunakan 4 buah tulangan

$$5) A_{s\text{terpasang}} = \frac{1}{4}\pi \cdot \phi_p^2 \cdot n \\ = \frac{1}{4}\pi \cdot 16^2 \cdot 4 \\ = 804,24 \text{ mm}^2$$

6) mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut

$$T_s = C_c$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot B$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot B}$$

$$a = \frac{804,24 \times 400}{0,85 \times 25 \times 240}$$

$$a = 63,08 \text{ mm}$$

$$7) M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ = 0,85 \times 25 \times 63,08 \times 240 \times \left(352 - \frac{63,08}{2}\right) \\ = 103,09 \text{ kNm} \\ = 103091970,7 \text{ Nmm}$$

Kontrol momen dengan faktor reduksi = $M_n \times \phi$

$$M_n \times \phi = 103,09 \times 0,9 = 92,78 \text{ kNm} > 39,97 \text{ kNm (memenuhi)}$$

e. Detail penulangan

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengontrol jumlah tulangan pada kondisi tarik dan tekan.

$$1) \text{ Jumlah tulangan (n)} = 4 \text{ buah}$$

$$2) \text{ Jumlah baris tulangan} = 1 \text{ baris}$$

3) Jarak antar tulangan

$$s_1 = \frac{B - (2(p_b + \phi_s)) - n(\phi_p)}{n - 1}$$

$$= \frac{240 - (2(30+10)) - 4(16)}{4-1}$$

$$= 32 \text{ mm}$$

$$\text{kontrol } s_{\text{pakai}} > 25 \text{ mm}$$

$$32 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Untuk balok anak B2B dilakukan langkah perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas.

5.4.2.2 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak (Sengkang / Begel)

Tulangan geser pada balok anak sama halnya pada balok induk sebagai penahan gaya geser akibat beban gempa dan gravitasi. Berikut langkah-langkah analisis penulangan sengkang pada balok anak dengan contoh balok B2A lantai 1.

1. Data Material

- a. $f'c$ = 25 MPa
- b. f_y = 240 MPa
- c. Φ_{pokok} = 16 mm
- d. Φ_{sengkang} = 10 mm
- e. β = karena $f'c < 28 \text{ MPa}$ maka digunakan 0,85
- f. faktor reduksi geser (ϕ) = 0,75
- g. modulus elastis baja (E_s) = 200000 MPa
- h. regangan baja (E_y) = 0,0012
- i. regangan beton (E_{cu}) = 0,003

2. Data dimensi struktur dan nilai gaya geser

- a. lebar balok (b) = 240 mm
- b. tinggi balok (h) = 400 mm
- c. Selimut beton (pb) = 30 mm
- d. d_s

$$= pb + \phi_{\text{sengkang}} + \frac{\phi_{\text{pokok}}}{2}$$

$$= 30 + 10 + \frac{16}{2}$$

$$= 48 \text{ mm}$$
- e. d

$$= h - d_s = 400 - 48$$

$$= 352 \text{ mm}$$

f. panjang balok (L) = 6000 mm

g. lebar balok kiri (b_{ki}) = 300 mm

h. lebar balok kanan (b_{ka}) = 300 mm

i. panjang bersih (L_{net}) = $L - 0,5 \times b_{ki} - 0,5 \times b_{ka}$
 = $6000 - 0,5 \times 300 - 0,5 \times 300$
 = 5700 mm

j. V_g (dari ETABS) = 93,73 kN

k. geser gempa (V_e) = $\frac{\phi \times Mn}{L_{net}} = \frac{0,9 \times 54,08}{5,7}$
 = 16,28 kN

l. geser ultimate (V_u) = $V_g + V_e = 93,73 + 16,28$
 = 110,01 kN

m. kuat geser beton (V_c) = $0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$
 = $0,17 \times \sqrt{25} \times 240 \times 352$
 = 71,808 kN

n. kuat geser baja (V_s) = $\frac{V_u - \phi \times V_c}{\phi} = \frac{110,01 - 0,75 \times 71,808}{0,75}$
 = 74,87 Kn

3. Nilai batas kontrol

a. ϕV_c = $0,75 \times 74,87 = 53,856$ kN

b. $0,5 \times \phi V_c$ = $\frac{53,856}{2}$ = 26,928 kN

c. $2 \times \phi V_c$ = $2 \times 74,87$ = 107,712 kN

d. $3 \times \phi V_c$ = $3 \times 74,87$ = 161,568 kN

e. $5 \times \phi V_c$ = $5 \times 74,87$ = 269,28 kN

4. Kontrol syarat tulangan geser

a. $V_u < 0,5 \times \phi V_c$

$$97,08 < 26,93$$

tidak sesuai, maka secara teoritis perlu dipasang tulangan geser.

b. $0,5 \times \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

$$26,93 < 97,08 \leq 53,856$$

tidak sesuai, maka tidak dipasang tulangan geser minimum.

$$c. \phi V_c < V_u \leq 3 \times \phi V_c$$

$$53,856 < 97,08 \leq 161,568$$

sesuai, maka tulangan geser harus dihitung dan jarak antar sengkang (s) memenuhi syarat $< 600 \text{ mm}$ dan $< d/2$.

$$d. 3 \times \phi V_c < V_u \leq 5 \times \phi V_c$$

$$161,568 < 97,08 \leq 269,28$$

tidak sesuai, maka tulangan geser tidak harus dihitung dan jarak antar sengkang (s) memenuhi syarat $< 300 \text{ mm}$ dan $< d/4$.

$$e. V_u > 5 \times \phi V_c$$

$$97,08 > 269,28$$

tidak sesuai, maka ukuran balok tidak harus dirubah / diperbesar.

5. Kebutuhan tulangan geser

a. Daerah tumpuan

$$1) \text{ kaki sengkang rencana (n) } = 2 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Luas tulangan (Asd)} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,5398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Luas tulangan pakai (Av)} &= Asd \times n = 78,5398 \times 2 \\ &= 157,0796 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ jarak sengkang perlu (S}_{\text{perlu}}) &= Av \times f_y \times \frac{d}{V_s} \\ &= 157,0796 \times 240 \times \frac{352}{47,1025} \\ &= 177,244 \text{ mm} \end{aligned}$$

diambil jarak sengkang pakai 100 mm

$$\text{kontrol } S_{\text{pakai}} 100 \text{ mm} < \frac{d}{2} = \frac{353,5}{2} = 176,75 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$\text{kontrol } S_{\text{pakai}} 100 \text{ mm} < 600 \text{ mm (memenuhi)}$$

digunakan sengkang P10-100.

b. Daerah lapangan

$$1) \text{ kaki sengkang rencana (n) } = 2 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Luas tulangan (Asd)} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \end{aligned}$$

$$= 78,5398 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Luas tulangan pakai } (A_v) &= A_{sd} \times n = 78,5398 \times 2 \\ &= 157,0796 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ jarak sengkang perlu } (s_{\text{perlu1}}) &= 3 \times A_v \times \frac{f_y}{b} \\ &= 3 \times 157,0796 \times \frac{240}{240} \\ &= 471,2389 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) \text{ jarak sengkang perlu } (s_{\text{perlu2}}) &= \frac{1200 \times f_y \times A_v}{75 \times \sqrt{f'c} \times b} \\ &= \frac{1200 \times 240 \times 157,0796}{75 \times \sqrt{25} \times 240} \\ &= 502,6548 \end{aligned}$$

diambil jarak sengkang pakai 150 mm

$$\text{kontrol } s_{\text{pakai}} 150 \text{ mm} < \frac{d}{2} = \frac{353,5}{2} = 176,75 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$\text{kontrol } s_{\text{pakai}} 150 \text{ mm} < 600 \text{ mm (memenuhi)}$$

digunakan sengkang P10-150.

Perhitungan serupa digunakan pada B2B untuk mencari jarak penulangan gesernya.

5.4.2.3 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Setelah menghitung seluruh kebutuhan tulangan tunggal balok anak, dan menghitung kebutuhan tulangan geser didapatkan rekapitulasi penulangan balok anak sebagai berikut.

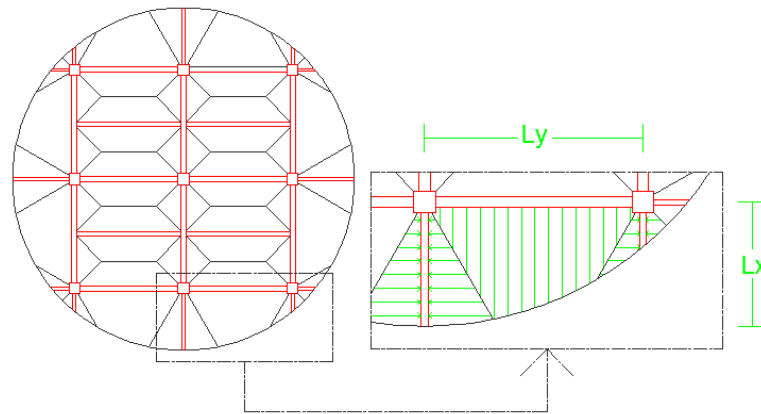
Tabel 5.14 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Balok	B (mm)	H (mm)	Bagian	Tulangan Pokok		Tulangan Sengkang	
				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
B2A	240	400	Atas	4D16	2D16	1P10-100	1P10-150
			Bawah	2D16	4D16		
B2B	150	250	Atas	2D13	2D13	1P10-100	1P10-100
			Bawah	2D13	2D13		

5.4.3 Balok Kantilever

Balok kantilever adalah balok yang salah satu tumpuannya berupa jepit, sementara ujung yang lain bebas. Balok kantilever digunakan pada perencanaan ini pada bagian *helipad* dengan tujuan memberikan luasan tambahan pada pelat landasan helikopter agar memenuhi persyaratan teknis penerbangan.

Dalam menentukan dimensi awal balok kantilever menggunakan rumus $H_B = \frac{1}{8} \times L_{bentang}$. Konsep dari analisis balok kantilever yang dimaksud adalah menentukan ukuran balok, jumlah, komposisi dan penempatan tulangan agar dapat menyediakan kekuatan yang sama atau lebih. Berikut analisa balok anak dari perencanaan ini.



Gambar 5.12 Tributary Area Balok Kantilever

1. Menentukan dimensi awal balok

- a. Mencari tinggi balok (H_B) : $\frac{1}{8} \times 3,4 = 0,425 \text{ m}$
: digunakan 0,45 m
- b. Mencari lebar balok (B_B) : $\frac{1}{2} \times H_B = \frac{1}{2} \times 0,45 = 0,225 \text{ m}$

2. Menentukan beban diatas balok

Beban yang direncanakan pada balok adalah beban mati akibat pelat beton dan beban hidup dari fungsi lantai sebagai landasan helikopter.

- a. Berat beban mati pelat : $3,5 \text{ kN/m}^2$
- b. Berat beban hidup pelat : $2,87 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Beban mati segitiga } (W_{D\text{seg}}) &= \left(\frac{1}{3} \times Q \times Lx\right) \times 2 \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times 3,5 \times 3\right) \times 2 \\
 &= 7,1 \text{ kN/m} \\
 \text{h. Beban hidup segitiga } (W_{L\text{seg}}) &= \left(\frac{1}{3} \times 2,87 \times 3\right) \times 2 \\
 &= 5,74 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

3. Mencari besaran nilai momen dan gaya geser

Besaran nilai-nilai gaya tersebut didapatkan dari hasil analisa struktur bangunan dari ETABS dengan cara yang sama pada mencari nilai gaya pada balok induk. Maka didapat nilai besaran momen dan gaya geser seperti tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Momen dan Geser Balok Kantilever

MOMEN (M3) BK1				MOMEN (M3) BK2			
TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN		LAPANGAN	
M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+
-173,02	2,652	-145,258	1,4031	-4,8407	0,2425	-2,6757	0,2596
GESER (V2) BK				GESER (V2) BK			
TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN		LAPANGAN	
-	+	-	+	-	+	-	+
-119,355	10,3822	-99,5263	107,4755	-6,1751	1,1446	-3,5915	3,8511

Untuk memastikan keamanan dari balok kantilever, dicoba menghitung momen secara manual pada balok dengan kondisi ekstrim dimana luasan beban yang diterima sebesar sebagai berikut :

a. Beban Mati

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Pelat} &= 0,12 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 23,54 \text{ kN/m}^3 = 16,9488 \text{ kN/m} \\
 2) \text{ Waterproofing} &= 0,02 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 18,63 \text{ kN/m}^3 = 2,2356 \text{ kN/m} \\
 3) \text{ Mekanikal Elektrikal} &= 6 \text{ m} \times 0,2 \text{ kN/m}^2 = 1,2 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

sehingga Q_d sebesar 20,3844 kN/m

b. Beban Hidup menggunakan acuan beban hidup landasan helikopter pada SNI sebesar $2,87 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m} = 17,22 \text{ kN/m}$

Beban-beban tersebut dikombinasikan dengan acuan SNI $Q_u = 1,2Q_d + 1,6Q_l$ sehingga besaran $Q_u = 1,2 \times 20,3844 + 1,6 \times 17,22 = 52,01328 \text{ kN/m}$.

Perhitungan momen ultimit menggunakan rumus $\frac{1}{2} \times Q_u \times L^2$

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{2} \times 52,01328 \times 3,4^2 \\ &= 300,6368 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5.4.3.1 Analisis Tulangan Balok Kantilever

Penulangan balok kantilever diasumsikan pada kondisi ekstrim dimana luasan beban dihitung manual berdasarkan kombinasi pembebanan mati dan hidup. Berikut langkah perhitungannya dengan menggunakan contoh pada BK1.

1. Data material

- a. kuat tekan beton ($f'c$) = 25 MPa
- b. β (untuk $f'c < 28$ MPa) = 0,85
- c. selimut beton (pb) = 40 mm
- d. tulangan pokok D (Φ_P) = 19 mm
- e. tul. sengkang P (Φ_s) = 12 mm
- f. Teg. leleh baja ulir (f_y) = 400 MPa
- g. Modulus elastis baja = 200000 MPa
- h. Regangan maks. serat
desak beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- i. ϵ_y (f_y/E_s) = 0,002
- j. ϵ_t = 0,005
- k. faktor reduksi (ϕ) = 0,9

2. Parameter tinggi balok

- a. d_s

$$= pb + \phi_{sengkang} + \phi_{pokok} + \frac{js}{2}$$

$$= 40 + 12 + 19 + \frac{25}{2}$$

$$= 83,5 \text{ mm (asumsi tul. tarik 1 baris)}$$
- b. d

$$= H - d_s = 600 - 83,5$$

$$= 516,5 \text{ mm}$$

3. Perhitungan tulangan pokok

- a. M_n

$$= \frac{Mu}{\phi_{lentur}}$$

$$= \frac{300,6368}{0,9}$$

$$= 334040842,7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,8235 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } \rho_b &= \frac{\beta}{m} \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} \right) \\ &= \frac{0,85}{18,8235} \left(\frac{0,003}{0,003 + 0,002} \right) \\ &= 0,02709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } \rho_{\min 1} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } \rho_{\min 2} &= \frac{\sqrt{f'c}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} \\ &= 0,0031 \end{aligned}$$

digunakan ρ_{\min} yang terbesar = 0,0035

$$\begin{aligned} \text{f. } \rho_{\max} &= \left(\frac{0,003 + \varepsilon_y}{0,003 + 0,005} \right) \cdot \rho_b \\ &= \left(\frac{0,003 + 0,002}{0,003 + 0,005} \right) \cdot 0,02709 \\ &= 0,0169 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. } \rho_{\text{pakai}} &= 0,75 \cdot \rho_{\max} = 0,5 \cdot 0,0169 \\ &= 0,0127 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h. } A_s &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0127 \cdot 300 \cdot 516,5 \\ &= 1967,8953 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{i. } n &= \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \cdot \phi_p^2} = \frac{1967,8953}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} \\ &= 6,94 \text{ buah} \end{aligned}$$

digunakan 8 buah tulangan

$$\begin{aligned} \text{j. } A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \cdot \phi_p^2 \cdot n \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 19^2 \cdot 8 \\ &= 2268,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

k. mencari nilai tinggi tekan (a) dengan persamaan berikut

$$T_s = C_c$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot B$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot B}$$

$$a = \frac{2268,23 \times 400}{0,85 \times 25 \times 300}$$

$$a = 142,32 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{l. } M_n &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,85 \times 25 \times 142,32 \times 300 \times \left(516,5 - \frac{142,32}{2}\right) \\ &= 404,1 \text{ kNm} \\ &= 404053261,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kontrol momen dengan faktor reduksi = $M_n \times \phi$

$$M_n \times \phi = 404,1 \times 0,9 = 363,69 \text{ kNm} > 334,04 \text{ kNm (memenuhi)}$$

4. Perhitungan sengkang

a. lebar kolom (b_k) = 600 mm

b. panjang bersih (L_{net}) = $L - 0,5 \times b_k$
 $= 3400 - 0,5 \times 600$
 $= 3100 \text{ mm}$

j. V_g (dari ETABS) = 119,355 kN

k. geser gempa (V_e) = $\frac{\phi \times M_n}{L_{net}} = \frac{0,9 \times 404,1}{3,1}$
 $= 117,32 \text{ kN}$

l. geser ultimate (V_u) = $V_g + V_e = 119,355 + 117,32$
 $= 236,67 \text{ kN}$

m. kuat geser beton (V_c) = $0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$
 $= 0,17 \times \sqrt{25} \times 300 \times 516,5$
 $= 131,71 \text{ kN}$

n. kuat geser baja (V_s) = $\frac{V_u - \phi \times V_c}{\phi} = \frac{236,67 - 0,75 \times 131,71}{0,75}$
 $= 183,86 \text{ kN}$

o. Daerah tumpuan

1) kaki sengkang rencana (n) = 2 kaki

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Luas tulangan (Asd)} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 12^2 \\
 &= 113,1 \text{ mm}^2 \\
 3) \text{ Luas tulangan pakai (Av)} &= Asd \times n = 113,1 \times 2 \\
 &= 226,2 \text{ mm}^2 \\
 4) \text{ jarak sengkang perlu (Sperlu)} &= Av \times fy \times \frac{d}{Vs} \\
 &= 226,2 \times 240 \times \frac{516,5}{183860} \\
 &= 152,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

diambil jarak sengkang pakai 100 mm

$$\text{kontrol } S_{\text{pakai}} 100 \text{ mm} < \frac{d}{2} = \frac{516,5}{2} = 258,25 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$\text{kontrol } S_{\text{pakai}} 100 \text{ mm} < 600 \text{ mm (memenuhi)}$$

digunakan sengkang P12-100.

p. Daerah lapangan

$$\begin{aligned}
 1) \text{ kaki sengkang rencana (n)} &= 2 \text{ kaki} \\
 2) \text{ Luas tulangan (Asd)} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 12^2 \\
 &= 113,1 \text{ mm}^2 \\
 3) \text{ Luas tulangan pakai (Av)} &= Asd \times n = 113,1 \times 2 \\
 &= 226,2 \text{ mm}^2 \\
 4) \text{ jarak sengkang perlu (Sperlu1)} &= 3 \times Av \times \frac{fy}{b} \\
 &= 3 \times 226,2 \times \frac{240}{300} \\
 &= 542,87 \text{ mm} \\
 5) \text{ jarak sengkang perlu (Sperlu2)} &= \frac{1200 \times fy \times Av}{75 \times \sqrt{f'c} \times b} \\
 &= \frac{1200 \times 240 \times 226,2}{75 \times \sqrt{25} \times 300} \\
 &= 579,06 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

diambil jarak sengkang pakai 150 mm

$$\text{kontrol } S_{\text{pakai}} 150 \text{ mm} < \frac{d}{2} = \frac{516,5}{2} = 258,25 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$\text{kontrol } S_{\text{pakai}} 150 \text{ mm} < 600 \text{ mm (memenuhi)}$$

digunakan sengkang P12-150.

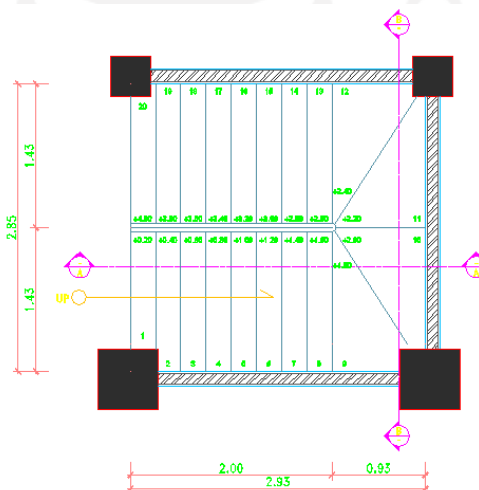
Berikut rekapitulasi penulangan pada balok kantilever

Tabel 5.16 Rekapitulasi Tulangan Balok Kantilever

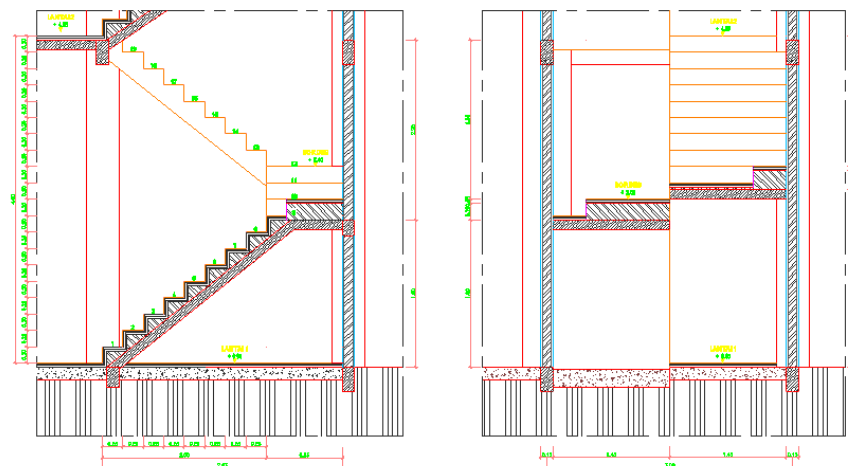
Balok	B (mm)	H (mm)	Bagian	Daerah		Tul. Susut	Tulangan Geser	
				Tumpuan	Lapangan		Tumpuan	Lapangan
BK1	300	600	Atas	8D19	4D19	4D13	P12-100	P12-150
			Bawah	4D19	8D19			
BK2	250	500	Atas	6D19	6D19	2D13	P12-100	P12-100
			Bawah	3D19	3D19			

5.5 Analisis Tangga

Analisis tangga meliputi perencanaan dimensi, pembebanan pada pelat tangga dan pelat bordes, penulangan pada pelat tangga dan pelat bordes, dan penulangan balok bordes. Berikut denah tangga yang direncanakan.



Gambar 5.13 Denah Tangga Lantai 1



Gambar 5.14 Potongan Tangga Lantai 1

Mengecek kenyamanan tangga dengan persyaratan $2 \times \text{Optrede} + \text{Antrede} = 59 - 65 \text{ cm}$, dengan konfigurasi diatas maka didapatkan $2 \times 20 + 25 = 65 \text{ cm}$ (Memenuhi).

5.5.1 Pembebanan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Beban yang direncanakan pada tangga tidak jauh dari perencanaan pembebanan pada pelat, terdapat beban mati dan beban hidup yang akan diterima oleh tangga itu sendiri. Sebelum itu dihitung terlebih dahulu kebutuhan ketebalan pelat pada tangga dan bordes.

1. Menentukan Tebal Pelat

a. Diketahui data pelat tangga

- 1) kuat tekan beton ($f'c$) = 25 MPa
- 2) f_y tulangan polos = 240 MPa
- 3) lebar tangga = 1425 mm
- 4) Optrede (s) = 200 mm
- 5) Antrede (a) = 250 mm
- 6) Jumlah anak tangga = 20 buah

$$\begin{aligned} \text{a. Sudut kemiringan tangga } (\alpha) &= \text{Arctan} \left(\frac{\text{optrede}}{\text{antrede}} \right) \\ &= \text{Arctan} \left(\frac{20}{25} \right) = 38,66^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Panjang miring tangga} &= \sqrt{\left(L^2 + \left(\frac{H}{2} \right)^2 \right)} \\ &= \sqrt{\left(2250^2 + \left(\frac{4000}{2} \right)^2 \right)} = 3010 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Tebal pelat tangga minimum} &= \left(\frac{L_{\text{miring}}}{20} \right) \times \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right) \\ &= \left(\frac{3010}{20} \right) \times \left(0,4 + \left(\frac{240}{700} \right) \right) \\ &= 111,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai tebal pelat tangga = 120 mm

$$\begin{aligned} \text{d. Tebal pelat bordes minimum} &= \left(\frac{L_{\text{bordes}}}{20}\right) \times \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700}\right)\right) \\ &= \left(\frac{2850}{20}\right) \times \left(0,4 + \left(\frac{240}{700}\right)\right) \\ &= 105,86 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai tebal pelat bordes = 120 mm

2. Pembebanan Pelat Tangga

a. Beban mati

1) pelat	: 0,12 x 24	= 2,88 kN/m ²
2) anak tangga		= 1,8 kN/m ²
3) keramik	: 0,01 x 17	= 0,17 kN/m ²
4) spesi	: 0,02 x 16,67	= 0,333 kN/m ²
5) pasir	: 0,02 x 15,69	= 0,314 kN/m ²
6) railing		= 0,3 kN/m ²
7) mekanikal elektrik		<u>= 0,15 kN/m² +</u>
	W_D	= 5,947 kN/m ²

b. Beban hidup

Beban hidup pada tangga telah ditentukan sebesar $W_L = 300 \text{ kg/m}^2$ atau $2,942 \text{ kN/m}^2$

Sehingga Kombinasi beban pada pelat tangga (W_U)

$$\begin{aligned} W_U &= 1,2 W_D + 1,6 W_L \\ &= 1,2 \times 5,947 + 1,6 \times 2,942 = 11,8436 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3. Pembebanan Pelat Bordes

a. Beban Mati

1) Pelat	: 0,12 x 24	= 2,88 kN/m ²
2) Keramik	: 0,01 x 17	= 0,17 kN/m ²
3) Spesi	: 0,02 x 16,67	= 0,333 kN/m ²
4) Pasir	: 0,02 x 15,69	= 0,314 kN/m ²
6) Mekanikal Elektrikal		<u>= 0,15 kN/m² +</u>
	W_D	= 3,847 kN/m ²

b. Beban hidup

Beban hidup pada bordes telah ditentukan sebesar $W_L = 300 \text{ kg/m}^2$ atau $2,942 \text{ kN/m}^2$

Sehingga Kombinasi beban pada pelat bordes (W_U)

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

$$= 1,2 \times 3,847 + 1,6 \times 2,942 = 9,3236 \text{ kN/m}^2$$

5.5.2 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Dalam perhitungan penulangan dibutuhkan nilai momen yang terjadi pada pelat tangga dan pelat bordes, nilai tersebut diambil dari hasil analisis struktur dengan permodelan di ETABS.

Tabel 5.17 Rekapitulasi Momen dan Geser Tangga

Struktur	M- (kNm)	M+ (kNm)	V- (kN)	V+ (kN)
Pelat Tangga	15,77	17,57	-	-
Pelat Bordes	13,59	14,73	-	-
Balok Bordes A	21,711	15,046	32,476	33,648
Balok Bordes B	16,443	5,888	33,947	29,716

1. Data Pelat Tangga

Adapun data pelat tangga yang digunakan sebagai berikut.

- a. Nilai β ($f'_c < 28 \text{ MPa}$) : 0,85
- b. Regangan maks. beton : 0,003
- c. Regangan baja (f_y/E_y) : 0,0012
- d. Sisi terpanjang (L_y) : 2880 mm
- e. Sisi terpendek (L_x) : 1425 mm
- f. Diameter tulangan pokok : 12 mm
- g. Diameter tulangan susut : 8 mm
- h. Tebal pelat (h) : 120 mm
- i. Tebal selimut beton (pb) : 20 mm
- j. Nilai d_s : $pb + 0,5 \times D_{pokok} = 20 + 0,5 \times 12$
= 26 mm

k. Nilai d : $h - ds = 120 - 26 = 94 \text{ mm}$

2. Penulangan pada Tumpuan Pelat Tangga

Adapun perhitungan kebutuhan tulangan pada tumpuan pelat sebagai berikut.

a. Momen ultimate (M_u) : 15,77 kNm

b. Faktor reduksi (θ) : 0,9

c. Momen nominal (M_u/θ) $= \frac{15,77}{0,9}$
 $= 17,52 \text{ kNm} = 17522222,2 \text{ Nmm}$

d. Lebar peninjauan (b) : 1000 mm

e. Nilai tinggi tekan (a)

Mencari nilai a dengan persamaan berikut

$$M_n = (0,85 \times f'_c \times a \times b) \times (d - \frac{a}{2})$$

$$17522222,2 = (0,85 \times 25 \times a \times 1000) \times (94 - \frac{a}{2})$$

$$17522222,2 = 21250a \times (94 - \frac{a}{2})$$

persamaan diatas adalah persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

$$\begin{aligned} 1) X &= 0,85 \times b \times f'_c \times a^2 \\ &= 0,85 \times 1000 \times 25 \times a^2 \\ &= 21250 a^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) Y &= -1,7 \times f'_c \times a \times b \times d \\ &= -1,7 \times 25 \times a \times 1000 \times 94 \\ &= -3995000 a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) Z &= 2M_n \\ &= 2 \times 17522222,2 \\ &= 35044444,4 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$4) a_1 = \frac{(-Y + \sqrt{Y^2 - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(3995000 + \sqrt{(-3995000)^2 - 4 \times 21250 \times (3504444,4)})}{2 \times 21250} \\
&= 178,78 \text{ mm} \\
5) a_2 &= \frac{(-Y - \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\
&= \frac{(3995000 - \sqrt{(-3995000)^2 - 4 \times 21250 \times (3504444,4)})}{2 \times 21250} \\
&= 9,22 \text{ mm}
\end{aligned}$$

dari persamaan tersebut didapat nilai $a = 9,22 \text{ mm}$

f. Menghitung luas tul. pokok dibutuhkan (A_s) dengan persamaan berikut

$$\begin{aligned}
Ts &= Cc \\
As \times fy &= 0,85 \times f'c \times a \times b \\
As &= \frac{(0,85 \times f'c \times a \times b)}{fy} \\
&= \frac{(0,85 \times 25 \times 9,22 \times 1000)}{240} \\
&= 816,35 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

g. Menghitung luas tulangan kondisi balance (As_b)

$$\begin{aligned}
As_b &= 0,85 \times \beta \times \left(\frac{f'c}{fy}\right) \times \left(\frac{600}{(600+fy)}\right) \times (b \times d) \\
&= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{25}{240}\right) \times \left(\frac{600}{(600+240)}\right) \times (1000 \times 94) \\
&= 5053,2 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

h. Menghitung luas tulangan minimum (As_{min})

$$\begin{aligned}
As_{min1} &= \left(\frac{\sqrt{f'c}}{(4 \times fy)}\right) \times b \times d \\
&= \left(\frac{\sqrt{25}}{(4 \times 240)}\right) \times 1000 \times 94 \\
&= 489,58 \text{ mm}^2 \\
As_{min2} &= \left(\frac{1,4}{fy}\right) \times b \times d \\
&= \left(\frac{1,4}{240}\right) \times 1000 \times 94 \\
&= 548,3 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

digunakan nilai As_{min} yang terbesar yaitu $As_{min2} = 548,3 \text{ mm}^2$

i. Menghitung luas tulangan maksimum (As_{max})

$$As_{max} = 0,75 \times As_b$$

$$= 0,75 \times 5053,2$$

$$= 3789,9 \text{ mm}^2$$

j. Luas tulangan yang digunakan (A_{Spakai})

digunakan nilai terbesar antara $A_s = 816,35 \text{ mm}^2$ dengan

$$A_{S_{min}} = 548,3 \text{ mm}^2$$

k. Luas satu tulangan

$$A_{Stul} = 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times 12^2$$

$$= 113,1 \text{ mm}^2$$

l. Jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{(A_{Stul} \times b)}{A_{Spakai}}$$

$$= \frac{(113,1 \times 1000)}{816,35}$$

$$= 138,54 \text{ mm}$$

digunakan jarak antar tulangan s_{pakai} sebesar 130 mm

m. Kontrol jarak tulangan

$$s \leq 3h$$

$$130 \leq 3 \times 120$$

$$200 \text{ mm} \leq 360 \text{ mm (Memenuhi)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

$$130 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (Memenuhi)}$$

n. Luas tulangan yang terpasang

$$A_s = \frac{b}{s_{pakai}} \times A_{Stul}$$

$$= \frac{1000}{130} \times 113,1$$

$$= 870 \text{ mm}^2$$

o. menghitung nilai $a_{terpasang}$ dengan persamaan $T_s = C_c$

$$a_{terpasang} = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{870 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$= 9,82 \text{ mm}$$

p. menghitung nilai $c_{\text{terpasang}}$

$$\begin{aligned} c_{\text{terpasang}} &= \frac{a}{\beta} = \frac{9,82}{0,85} \\ &= 11,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

q. Kontrol regangan tarik baja

Asumsi kondisi tulangan sudah leleh

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= \left(\frac{\epsilon_{cu} \times d}{c} \right) - \epsilon_{cu} \geq \frac{f_y}{E_y} \\ &= \left(\frac{0,003 \times 94}{11,55} \right) - 0,003 \geq \left(\frac{240}{200000} \right) \\ &= 0,0214 \geq 0,0012 \text{ (Asumsi benar)} \end{aligned}$$

Asumsi kondisi tulangan terkendali tarik

$$\epsilon_t \geq 0,0005$$

$$0,0214 \geq 0,0005 \text{ (Asumsi benar)}$$

r. Tulangan pokok yang digunakan

Dari perhitungan ini digunakan tulangan pokok P12-130

s. Luas tulangan susut ($A_{S_{\text{susut}}}$)

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{susut}}} &= 0,002 \times b \times h \\ &= 0,002 \times 1000 \times 120 \\ &= 240 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

t. Luas tulangan satu tul. susut

$$\begin{aligned} A_{s_t} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 8^2 \\ &= 50,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

u. Jarak tulangan susut (s_{susut})

$$\begin{aligned} s_{\text{susut}} &= \frac{(A_{s_t} \times b)}{A_{S_{\text{susut}}}} \\ &= \frac{(50,27 \times 1000)}{240} \\ &= 209,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan $s_{\text{susut}} = 200 \text{ mm}$

v. Kontrol jarak tulangan susut

$$s \leq 5h$$

$$200 \leq 5 \times 120$$

$$200 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm (Memenuhi)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (Memenuhi)}$$

w. Tulangan susut yang digunakan

Dari perhitungan ini digunakan tulangan susut P8-200

3. Penulangan pada Lapangan Pelat Tangga

Adapun perhitungan kebutuhan tulangan pada tumpuan pelat sebagai berikut.

a. Momen ultimate (Mu) : 17,57 kNm

b. Faktor reduksi (θ) : 0,9

c. Momen nominal (Mu/ θ) $= \frac{17,57}{0,9}$
 $= 19,52 \text{ kNm} = 19522222,2 \text{ Nmm}$

d. Lebar peninjauan (b) : 1000 mm

e. Nilai tinggi tekan (a)

Mencari nilai a dengan persamaan berikut

$$Mn = (0,85 \times f'c \times a \times b) \times (d - \frac{a}{2})$$

$$19522222,2 = (0,85 \times 25 \times a \times 1000) \times (94 - \frac{a}{2})$$

$$19522222,2 = 21250a \times (94 - \frac{a}{2})$$

persamaan diatas adalah persamaan kuadrat dengan kondisi :

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

1) X = $0,85 \times b \times f'c \times a^2$
 $= 0,85 \times 1000 \times 25 \times a^2$
 $= 21250 a^2$

2) Y = $-1,7 \times f'c \times a \times b \times d$
 $= -1,7 \times 25 \times a \times 1000 \times 94$
 $= -3995000 a$

3) Z = $2Mn$
 $= 2 \times 19522222,2$
 $= 39044444,4$

sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$\begin{aligned} 4) a1 &= \frac{(-Y + \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(3995000 + \sqrt{(-3995000)^2 - 4 \cdot 21250 \cdot (39044444,4)})}{2 \cdot 21250} \\ &= 177,66 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) a2 &= \frac{(-Y - \sqrt{(Y^2) - 4 \cdot X \cdot Z})}{2 \cdot X} \\ &= \frac{(3995000 - \sqrt{(-3995000)^2 - 4 \cdot 21250 \cdot (39044444,4)})}{2 \cdot 21250} \\ &= 10,34 \text{ mm} \end{aligned}$$

dari persamaan tersebut didapat nilai a = 10,34 mm

f. Menghitung luas tul. pokok dibutuhkan (As) dengan persamaan berikut

$$Ts = Cc$$

$$As \cdot fy = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$\begin{aligned} As &= \frac{(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b)}{fy} \\ &= \frac{(0,85 \cdot 25 \cdot 10,34 \cdot 1000)}{240} \\ &= 915,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

g. Menghitung luas tulangan kondisi balance (Asb)

$$\begin{aligned} Asb &= 0,85 \cdot \beta \cdot x \left(\frac{f'c}{fy} \right) \cdot x \left(\frac{600}{(600 + fy)} \right) \cdot (b \cdot d) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot x \left(\frac{25}{240} \right) \cdot x \left(\frac{600}{(600 + 240)} \right) \cdot (1000 \cdot 94) \\ &= 5053,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

h. Menghitung luas tulangan minimum (As_{min})

$$\begin{aligned} AS_{min1} &= \left(\frac{\sqrt{f'c}}{(4 \cdot fy)} \right) \cdot b \cdot d \\ &= \left(\frac{\sqrt{25}}{(4 \cdot 240)} \right) \cdot 1000 \cdot 94 \\ &= 489,58 \text{ mm}^2 \\ AS_{min2} &= \left(\frac{1,4}{fy} \right) \cdot b \cdot d \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{1,4}{240}\right) \times 1000 \times 94$$

$$= 548,3 \text{ mm}^2$$

digunakan nilai $A_{S_{\min}}$ yang terbesar yaitu $A_{S_{\min 2}} = 548,3 \text{ mm}^2$

i. Menghitung luas tulangan maksimum ($A_{S_{\max}}$)

$$A_{S_{\max}} = 0,75 \times A_s b$$

$$= 0,75 \times 5053,2$$

$$= 3789,9 \text{ mm}^2$$

j. Luas tulangan yang digunakan ($A_{S_{\text{pakai}}}$)

digunakan nilai terbesar antara $A_s = 915,52 \text{ mm}^2$ dengan $A_{S_{\min}} = 545,417 \text{ mm}^2$

k. Luas satu tulangan

$$A_{S_{\text{tul}}} = 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times 12^2$$

$$= 113,1 \text{ mm}^2$$

l. Jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{(A_{S_{\text{tul}}} \times b)}{A_{S_{\text{pakai}}}}$$

$$= \frac{(113,1 \times 1000)}{915,52}$$

$$= 123,53 \text{ mm}$$

digunakan jarak antar tulangan s_{pakai} sebesar 100 mm

m. Kontrol jarak tulangan

$$s \leq 3h$$

$$100 \leq 3 \times 120$$

$$100 \text{ mm} \leq 360 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

n. Luas tulangan yang terpasang

$$A_s = \frac{b}{s_{\text{pakai}}} \times A_{S_{\text{tul}}}$$

$$= \frac{1000}{100} \times 113,1$$

$$= 1131 \text{ mm}^2$$

o. menghitung nilai $a_{\text{terpasang}}$ dengan persamaan $T_s = C_c$

$$\begin{aligned} a_{\text{terpasang}} &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{1131 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 12,77 \text{ mm} \end{aligned}$$

p. menghitung nilai $c_{\text{terpasang}}$

$$\begin{aligned} c_{\text{terpasang}} &= \frac{a}{\beta} = \frac{12,77}{0,85} \\ &= 15,02 \text{ mm} \end{aligned}$$

q. Kontrol regangan tarik baja

Asumsi kondisi tulangan sudah leleh

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= \left(\frac{\epsilon_{cu} \times d}{c} \right) - \epsilon_{cu} \geq \frac{f_y}{E_y} \\ &= \left(\frac{0,003 \times 94}{15,02} \right) - 0,003 \geq \left(\frac{240}{200000} \right) \\ &= 0,0158 \geq 0,0012 \text{ (Asumsi benar)} \end{aligned}$$

Asumsi kondisi tulangan terkendali tarik

$$\epsilon_t \geq 0,0005$$

$$0,0158 \geq 0,0005 \text{ (Asumsi benar)}$$

r. Tulangan pokok yang digunakan

Dari perhitungan ini digunakan tulangan pokok P12-100

4. Penulangan pada Tumpuan Pelat Bordes

Langkah perhitungan penulangan tumpuan pelat bordes sama dengan penulangan tumpuan pelat tangga dengan perubahan nilai momen tumpuannya.

5. Penulangan pada Lapangan Pelat Bordes

Langkah perhitungan penulangan lapangan pelat bordes sama dengan penulangan lapangan pelat tangga dengan perubahan nilai momen lapangannya.

5.5.3 Pembebanan Balok Bordes

1. Data balok bordes

a. Tinggi dinding diatas balok bordes

1) Lantai 1 : 1530 mm

2) Lantai 2 & 3 : 1750 mm

b. Panjang bordes : 3000 mm

c. Estimasi dimensi balok

1) Tinggi balok (H)

$$1/12 \times L \text{ bordes} = 1/12 \times 3000 = 250 \text{ mm}$$

2) Lebar balok (B)

$$1/2 \times H = 1/2 \times 250 = 125 \text{ mm} = 150 \text{ mm (digunakan)}$$

2. Beban Mati

a. Berat balok

$$\begin{aligned} 1) \text{ Lantai 1} &= B \times H \times B_j \text{ Beton bertulang} \\ &= 0,15 \times 0,2 \times 24 = 0,72 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$2) \text{ Lantai 2 \& 3} = 0,15 \times 0,25 \times 24 = 0,9 \text{ kN/m}$$

b. Berat plesteran 2 cm = $4 \times 0,21 = 0,84 \text{ kN/m}$

c. Berat dinding : Tinggi x B_j

$$1) \text{ Lantai 1} = 1,53 \times 0,15 \times 0,7 = 0,161 \text{ kN/m}$$

$$2) \text{ Lantai 2 \& 3} = 1,75 \times 0,15 \times 0,7 = 0,184 \text{ kN/m}$$

d. Berat pelat bordes 0,12 cm

$$1) \text{ Lantai 1} = 0,12 \times 1,5 \times 24 = 4,32 \text{ kN/m}$$

$$2) \text{ Lantai 2 \& 3} = 0,12 \times 3 \times 24 = 8,64 \text{ kN/m}$$

Berat total beban mati (W_D)

$$W_{D1} = 0,72 + 0,84 + 0,161 + 4,32 = 6,041 \text{ kN/m}$$

$$W_{D2} = 0,9 + 0,84 + 0,184 + 8,64 = 10,564 \text{ kN/m}$$

3. Beban Hidup

Beban hidup pada balok bordes (W_L) sesuai pembebanan SNI ditetapkan 3 kN/m² x panjang bordes 1,35 m = 4,05 kN/m untuk lantai 1 dan 3 x 2,85 m = 8,55 kN/m untuk lantai 2 & 3.

5.5.4 Perhitungan Tulangan Balok Bordes

Perhitungan kebutuhan tulangan balok bordes sama seperti perhitungan kebutuhan tulangan tunggal balok induk sebelumnya dengan perubahan dimensi dan nilai momen.

5.5.5 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Tangga

Setelah dilakukan analisis penulangan pada pelat tangga dan bordes, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

Nama Pelat	Tipe Pelat	Arah X			Arah Y		
		Tumpuan		Lapangan	Tumpuan		Lapangan
		Tulangan Pokok	Tulangan Susut	Tulangan Pokok	Tulangan Pokok	Tulangan Susut	Tulangan Pokok
Pelat Tangga	2 Arah	P12-130	P8-200	P12-100	P12-130	P8-200	P12-100
Pelat Bordes	1 Arah	P12-150	P8-200	P12-130	-	-	-

Tabel 5.19 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes

Balok	B (mm)	H (mm)	Bagian	Daerah		Tulangan Geser	
				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
BB	150	250	Atas	4D13	2D13	P10-100	P10-150
			Bawah	2D13	4D13		

5.6 Analisis Kolom

Prinsip dasar analisis pada bangunan gedung ini adalah *Strong Column Weak Beam*. Prinsip tersebut akan membentuk perilaku goyangan pada portal menurut *beam sway mechanism* yang diharapkan sendi-sendi plastis terjadi pada ujung-ujung balok. Mekanisme goyangan seperti ini akan memberikan perilaku daktail pada struktur bangunan. Apabila telah terjadi perilaku yang diharapkan, maka perhatian selanjutnya pada elemen hubungan balok kolom yang merupakan

sebuah *joint* pertemuan antar balok dengan kolom harus mampu berfungsi seperti yang diharapkan.

Untuk menganalisis kolom, diperlukan diagram Mn-Pn yaitu suatu grafik daerah batas yang menunjukkan kombinasi beban aksial dan momen yang dapat ditahan oleh kolom. Diagram tersebut didapat dari beban aksial pada sumbu vertikal, dan gaya normal pada sumbu horizontal yang dapat menggambarkan besar momen lentur kolom. Diagram interaksi tersebut dibagi menjadi dua daerah yaitu daerah keruntuhan tekan dan daerah keruntuhan tarik dengan titik pembatas pada kondisi balance (Asroni, 2010).

Jenis kolom yang menahan beban eksentris mengakibatkan baja pada sisi tarik akan mengalami tarik dengan garis netral dianggap kurang dari tinggi efektif penampang (d). Apabila angka kelangsingan $kl/r \leq 22$ maka tergolong kolom pendek. Persamaan gaya aksial nominal untuk kolom pendek dinyatakan sebagai berikut (E.G. Nawy, 1998).

$$P_n = (0,85 \times f'_c \times b \times a) + (A_s' \times f_s') - (A_s \times f_s)$$

$$M_n = P_n \times e$$

$$M_n = \left(0,85 \times f'_c \times b \times a \times \left(y - \frac{a}{2}\right)\right) + (A_s' \times f_s' \times (y - d) - A_s \times f_s \times (d - y))$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, kuat rencana sengkang kolom tidak boleh lebih dari :

$$\phi P_n = 0,8 \times \phi \times (A_s - A_{st}) \times 0,85 \times f'_c \times b \times a + A_{st} \times f_y$$

dimana :

A_g = luas kotor penampang lintang kolom (mm^2)

A_{st} = luas total penampang tulangan memanjang kolom (mm^2)

P_o = kuat beban nominal tanpa eksentrisitas (N)

P_n = kuat beban nominal dengan eksentrisitas tertentu (N)

Dalam pembuatan diagram Pn-Mn akan ditinjau kondisi kolom antara lain :

1. Kolom dalam kondisi beban sentris ($M_n = 0$)
2. Kolom dalam kondisi patah desak
3. Kolom dalam kondisi balance
4. Kolom dalam kondisi patah tarik

5. Kolom dalam kondisi momen sangat besar, P mendekati 0 atau artinya seperti balok ($P = 0$)

5.6.1 Data, Nilai Momen, dan Gaya Aksial pada Kolom

Kolom yang digunakan pada perencanaan ini terdapat dua macam dari ukuran yang direncanakan. Kolom dengan dimensi 600 x 600 mm yang selanjutnya akan disebut dengan K1 dan dimensi 400 x 400 mm yang selanjutnya akan disebut dengan K2.

Pada ETABS dapat diketahui besaran nilai momen dan gaya aksialnya dengan cara menyeleksi kolom yang ditinjau - *Display - Show Tables - Analysis - Results - Frame Results - Column Forces*. Sehingga didapatkan data sebagai berikut

Tabel 5.20 Rekapitulasi Momen dan Gaya Aksial Kolom

KOLOM TIPE K1						
Lantai	Mu2 (kNm)		Mu3 (kNm)		Pu (kN)	
	-	+	-	+	Min	Max
4	-403,79	323,178	-301,431	284,341	-916,0585	23,1909
3	-429,65	298,745	-462,298	422,441	-2826,013	37,7101
2	-575,481	542,558	-517,87	501,705	-4298,463	102,871
1	-520,722	577,485	-512,712	518,855	-5422,632	591,716
KOLOM TIPE K2						
Lantai	Mu2 (kNm)		Mu3 (kNm)		Pu (kN)	
	-	+	-	+	Min	Max
4	-27,1018	32,6677	-27,011	25,1652	-99,7061	6,0233
3	-28,7296	25,2405	-17,0627	26,0041	-387,491	11,9448
2	-29,1316	37,2573	-38,3552	34,9002	-719,5501	47,8608
1	-106,858	114,066	-159,403	156,431	-1161,746	347,848

5.6.2 Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom

Adapun perhitungan sebagai contoh menggunakan kolom K1 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Data yang diperlukan
 - a. kuat tekan beton ($f'c$) : 25 MPa
 - b. tegangan leleh baja (f_y) : 400 MPa

c. selimut beton (p_b) : 40 mm

d. b kolom : 600 mm

e. h kolom : 600 mm

f. Φ_{pokok} : 29 mm

g. $\Phi_{sengkang}$: 12 mm

$$h. d_s = p_b + \phi_{sengkang} + \frac{\phi_{pokok}}{2}$$

$$= 40 + 12 + \frac{29}{2} = 66,5 \text{ mm}$$

i. ϵ_c : 0,003

j. E_s : 200000 MPa

2. Perhitungan diagram interaksi

a. faktor distribusi tegangan

$$\beta_1 (f'c \leq 28 \text{ MPa}) = 0,85$$

b. Luas 1 tulangan

$$A_{tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 29^2$$

$$= 660,52 \text{ mm}^2$$

c. Luas kolom

$$A_g = b \times h$$

$$= 600 \times 600$$

$$= 360000 \text{ mm}^2$$

d. Regangan baja

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000}$$

$$= 0,002$$

e. Jarak ke titik berat tulangan

$$d = h - d_s = 600 - 66,5$$

$$= 533,5 \text{ mm}$$

f. c kondisi balance

$$c_b = \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_s} \right) \times d$$

$$= \left(\frac{0,003}{0,003+0,002} \right) \times 533,5$$

$$= 320,1 \text{ mm}$$

3. Perhitungan rasio tulangan

Rasio tulangan = 1%

$$n = \left(\frac{\text{rasio tul} \times b \times h}{\frac{1}{4} \times \pi \times \text{Diameter tulangan pokok}^2} \right)$$

$$= \left(\frac{1\% \times 600 \times 600}{\frac{1}{4} \times \pi \times 29^2} \right)$$

$$= 5,45 \text{ buah}$$

untuk rasio tulangan 1% - 4% dapat dilihat pada Tabel 5.x berikut

Tabel 5.21 Rekapitulasi Rasio Tulangan

Rasio Tulangan	n	n pakai
1,00%	5,45	8
1,50%	8,18	12
2,00%	10,90	16
2,50%	13,63	20
3,00%	16,35	24
3,50%	19,08	26
4,00%	21,80	30

4. Perhitungan Regangan

Untuk menghitung regangan tiap baris tulangan dengan menggunakan rumu sebagai berikut.

$$\varepsilon_s = \varepsilon_c \times \frac{c - d}{c}$$

dengan c (desak sentris) = $2 \times Cb = 640,2 \text{ mm}$

berikut contoh perhitungan untuk rasio tulangan 2% yaitu jumlah tulangan yang digunakan 16 tulangan dengan baris tulangan 5-2-2-2-5 sebagai berikut.

- a. Mencari nilai regangan baja tulangan (ε_s) dan tegangan baja tulangan (f_s) tiap baris tulangan

$$\varepsilon_{s1} = 0,003 \times \frac{640,2 - 66,5}{640,2} = 0,0027 > 0,002$$

$$f_{s1} = 400 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{s2} = 0,003 \times \frac{640,2 - 66,5 - 116,75}{640,2} = 0,0021 > 0,002$$

$$f_{s2} = 400 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{s3} = 0,003 \times \frac{640,2 - 66,5 - 116,75 - 116,75}{640,2} = 0,0016 < 0,002$$

$$f_{s3} = 0,0016 \times 200000 = 318,84 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{s4} = 0,003 \times \frac{640,6 - 66,5 - 116,75 - 116,75 - 116,75}{640,2} = 0,001047 < 0,002$$

$$f_{s4} = 0,001047 \times 200000 = 209,42 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{s5} = 0,003 \times \frac{640,2 - 66,5 - 116,75 - 116,75 - 116,75 - 116,75}{640,2} = 0,0005 < 0,002$$

$$f_{s5} = 0,0005 \times 200000 = 100 \text{ MPa}$$

b. Menentukan f_s yang dipakai

$$f_{s1} (\text{pakai}) = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{s2} (\text{pakai}) = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{s3} (\text{pakai}) = 318,84 - 0,85 \times 25 = 297,59 \text{ MPa}$$

$$f_{s4} (\text{pakai}) = 209,42 - 0,85 \times 25 = 188,17 \text{ MPa}$$

$$f_{s5} (\text{pakai}) = 100 - 0,85 \times 25 = 78,75 \text{ MPa}$$

c. Mencari nilai tekan a

$$\begin{aligned} a &= c \times 0,85 \\ &= 640,2 \times 0,85 \\ &= 544,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Mencari nilai resultan gaya internal baja tulangan (c_s) tiap baris tulangan

$$\begin{aligned} c_{s1} &= f_{s1} (\text{pakai}) \times \text{baris tul.} \times A_{tul} \\ &= 400 \times 5 \times 660,52 \\ &= 1250859,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{s2} &= f_{s2} (\text{pakai}) \times \text{baris tul.} \times A_{tul} \\ &= 400 \times 2 \times 660,52 \\ &= 500343,79 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{s3} &= f_{s3} (\text{pakai}) \times \text{baris tul.} \times A_{tul} \\ &= 297,59 \times 2 \times 660,52 \\ &= 393125,39 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{s4} &= f_{s4} \text{ (pakai)} \times \text{baris tul.} \times A_{tul} \\
 &= 188,17 \times 2 \times 660,52 \\
 &= 248578,63 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{s5} &= f_{s5} \text{ (pakai)} \times \text{baris tul.} \times A_{tul} \\
 &= 78,75 \times 5 \times 660,52 \\
 &= 260079,69 \text{ N}
 \end{aligned}$$

e. Menentukan beban aksial nominal dan ultimate

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,85 \times f'_c \times a \times b + \sum_{i=1}^n f_{si} \times A_{si} \\
 &= 0,85 \times 25 \times 544,17 \times 600 + (1250859,48 + 500343,79 + \\
 &\quad 393125,39 + 248578,63 + 260079,69) \\
 &= 9591154,48 \text{ N} \\
 &= 9591,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi \times P_n \\
 &= 0,65 \times 9591,15 \\
 &= 6059,43 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

f. Menentukan nilai momen nominal dan ultimate

$$\begin{aligned}
 c_{s1} \times L &= c_{s1} \times \left(\frac{h}{2} - ds \right) \\
 &= 1250859,48 \times \left(\frac{600}{2} - 66,5 \right) \\
 &= 292075688 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{s2} \times L &= 500343,79 \times \left(\frac{600}{2} - 66,5 - 116,5 \right) \\
 &= 58415137,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{s3} \times L &= 393125,39 \times \left(\frac{600}{2} - 66,5 - (116,5 \times 2) \right) \\
 &= 196562,69 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{s4} \times L &= 248578,63 \times \left(\frac{600}{2} - 66,5 - 116,5 \right) \\
 &= 29021555,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{s5} \times L &= 260079,69 \times \left(\frac{600}{2} - 66,5 \right) \\
 &= 60728608,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \left(0,85 \times f'_c \times a \times b \times \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) \right) + \sum_{i=1}^n f_{si} \times A_{si} \times \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)$$

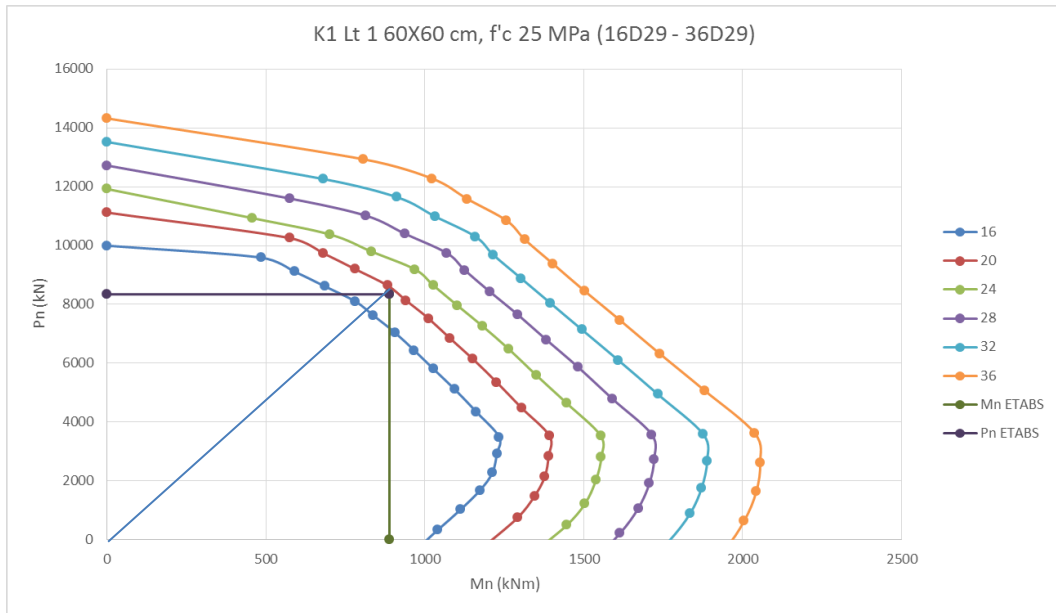
$$\begin{aligned}
&= \left(0,85 \times 25 \times 544,17 \times 600 \times \left(\frac{600}{2} - \frac{544,17}{2} \right) \right) + (292075688 + \\
&\quad 58415137,5 + 196562,7 + 29021555,2 + 60728608,3) \\
&= 634116497,2 \text{ Nmm} \\
&= 634,117 \text{ kNm} \\
\text{Mu} &= \varphi \times Mn \\
&= 0,65 \times 634,117 \\
&= 412,18 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan Mn-Pn dapat dilihat pada tabel berikut.

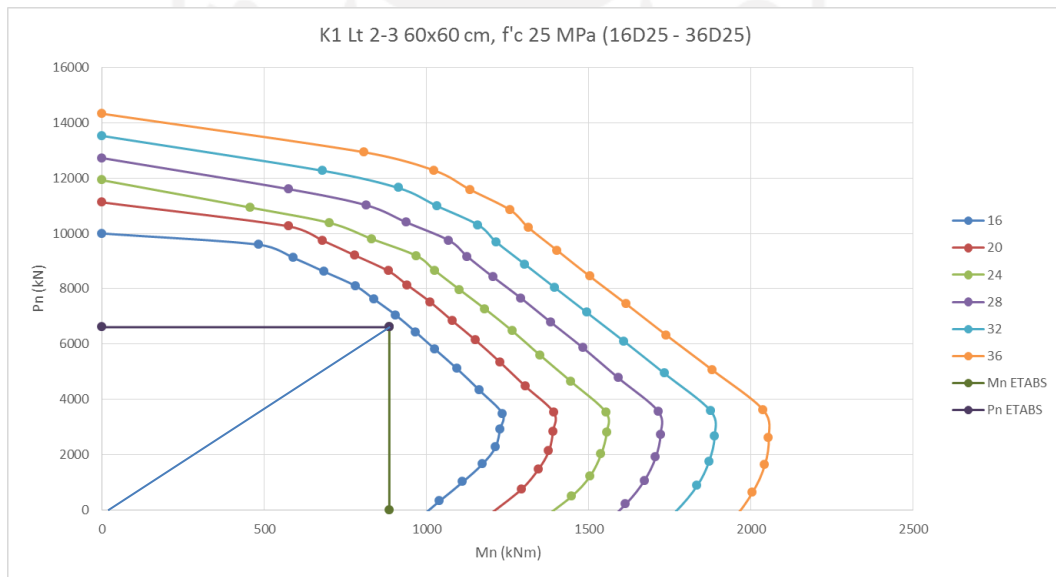
Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Mn-Pn Tulangan Berjumlah 16

Kondisi	c		S	a	Pn	Mn	φ	Pn	Mn
			mm	mm	kN	kNm		kN	kNm
Desak Sentris	2	642,60	116,75	546,21	9010,34	566,60	0,65	9591,15	484,12
Patah Desak	1,9	610,47		518,90	8489,90	613,55	0,65	9110,63	590,63
	1,8	578,34		491,59	8031,45	663,58	0,65	8615,26	685,09
	1,7	546,21		464,28	7559,84	712,53	0,65	8099,71	781,2
	1,6	514,08		436,97	7112,89	766,81	0,65	7619,63	838,45
	1,5	481,95		409,66	6593,66	825,73	0,65	7042,26	905,59
	1,4	449,82		382,35	6050,01	877,43	0,65	6431,96	966,84
	1,3	417,69		355,04	5497,15	924,91	0,65	5809,22	1026,59
	1,2	385,56		327,73	4885,84	975,48	0,65	5107,75	1094,26
1,1	353,43	300,42		4226,69	1023,11	0,65	4341,81	1162,27	
Balance	1	321,30		273,11	3505,36	1069,78	0,65	3492,07	1233,55
Patah Tarik	0,9	289,17		245,79	2994,68	1061,77	0,696	2925,62	1226,64
	0,8	257,04		218,48	2417,30	1054,19	0,754	2269,19	1212,18
	0,7	224,91		191,17	1886,81	1028,47	0,829	1677,49	1173,06
	0,6	192,78		163,86	1326,26	991,44	0,9	1020,09	1111,76
Lentur Murni	0,5	160,65		136,55	723,92	931,73	0,9	329,83	1040,01
	0,4	128,52	109,24	60,83	854,92	0,9	-449,79	956,83	
	0,3	96,39	81,93	-680,17	742,97	0,9	-1326,4	827,49	
	0,2	64,26	54,62	-1468,93	561,12	0,9	-2289,23	639,04	
	0,1	32,13	27,31	-3295,26	819,02	0,9	-4694,46	1029,74	

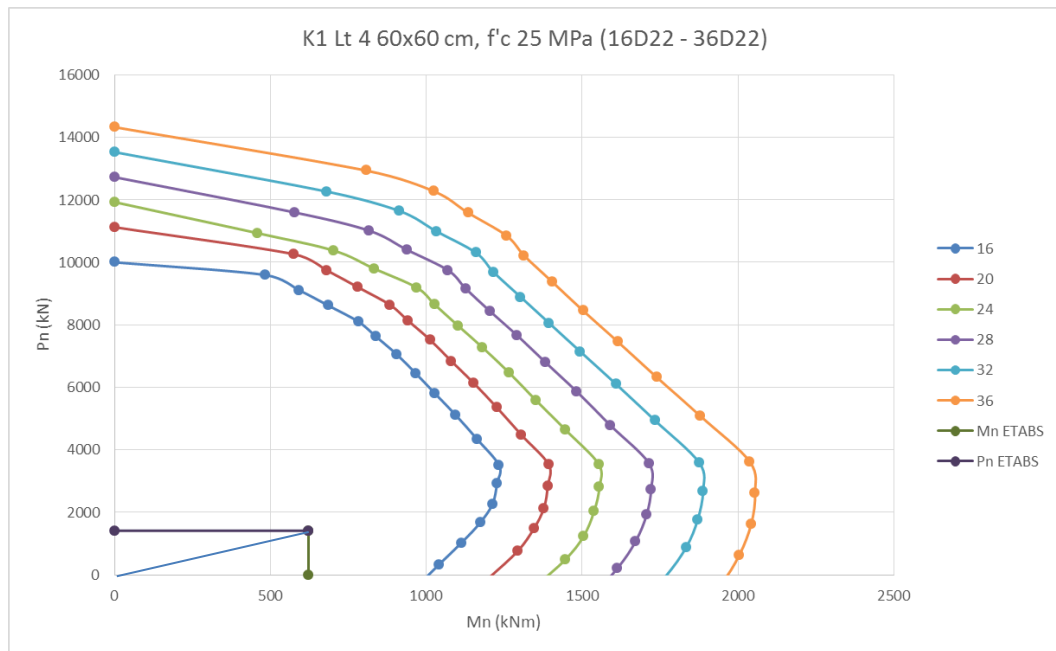
Berikut hasil diagram Mu-Pu tiap lantai pada kolom K1



Gambar 5.15 Diagram Mn-Pn K1 Lantai 1



Gambar 5.16 Diagram Mn-Pn K1 Lantai 2-3

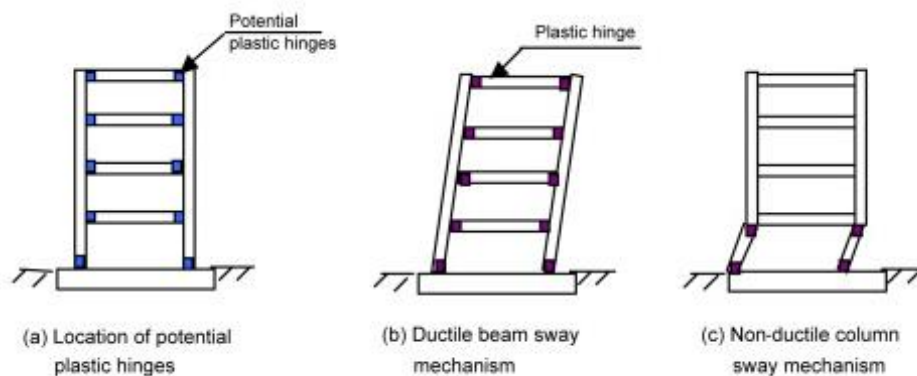


Gambar 5.17 Diagram Mn-Pn K1 Lantai 4

Dari ketiga diagram tersebut, dapat diambil jumlah tulangan yang digunakan sebesar 20-D29 pada lantai 1, 20-D25 pada lantai 2-3, dan 20-D22 pada lantai 4.

5.6.3 Pemeriksaan Prinsip Strong Column Weak Beam

Mekanisme SCWB yaitu apabila sebuah portal struktur mendapat gaya lateral (gaya gempa), distribusi kerusakan sepanjang ketinggian bangunan bergantung pada distribusi simpangan antar lantai. Pada mekanisme tersebut maka kolom dijadikan lebih kuat daripada balok untuk menghindari keruntuhan lokal.



Gambar 5.18 Letak Sendi Plastis pada Prinsip SCWB

Syarat desain sudah memenuhi prinsip tersebut atau belum adalah sebagai berikut

$$\Sigma \text{ Momen kolom} > 1,2 \times \Sigma \text{ Momen Balok}$$

diketahui data :

1. Momen kolom atas : 1050,9 kNm
2. Momen kolom bawah : 1186,7 kNm
3. Momen balok kiri : 421,39 kNm
4. Momen balok kanan : 421,39 kNm
5. Σ Momen kolom = Momen kolom atas + Momen kolom bawah
= 1067,64 + 1186,7
= 2254,34 kNm
6. $1,2 \Sigma$ Momen balok = 1,2 x (Momen balok kiri + Momen balok kanan)
= 1,2 x (421,39 + 421,39)
= 1011,34 kNm

7. Cek syarat : $\Sigma \text{ Momen kolom} > 1,2 \times \Sigma \text{ Momen Balok}$

$$2254,34 \text{ kNm} > 1011,34 \text{ kNm (AMAN)}$$

Berikut hasil rekapitulasi pengecekan SCWB yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 5.23 Rekapitulasi Pengecekan SCWB

Lantai	K1				
	Mn Kolom Atas (kNm)	Mn Kolom Bawah (kNm)	Mn Balok kiri (kNm)	Mn Balok kanan (kNm)	Syarat
4		1050,90	421,386	421,386	AMAN
3	1050,90	1186,70	421,386	421,386	AMAN
2	1186,70	1392,20	421,386	421,386	AMAN
1	1392,20	1392,20	421,386	421,386	AMAN
Lantai	K2				
	Mn Kolom Atas (kNm)	Mn Kolom Bawah (kNm)	Mn Balok kiri (kNm)	Mn Balok kanan (kNm)	Syarat
4		331,46	43,293	43,293	AMAN
3	331,46	331,46	43,293	43,293	AMAN
2	331,46	331,46	43,293	43,293	AMAN
1	331,46	331,46	43,293	43,293	AMAN

5.6.4 Perhitungan Tulangan Geser

Tulangan geser kolom dimaksudkan untuk menyediakan kekuatan daya pikul kolom dari sejumlah tulangan sengkang yang di ikat pada tulangan pokok kolom agar tidak menekuk keluar dan menghancurkan penutup (selimut) beton yang tipis (Winter dan Nilson, 1993). Kuat geser kolom terdiri dari kuat geser beton dan kuat geser tulangan sengkang. Besaran gaya geser kolom dapat diketahui dari ETABS yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Gaya Geser Kolom

KOLOM TIPE K1				
Lantai	Vu2 (kN)		Vu3 (kN)	
	Min	Max	Min	Max
4	-170,919	180,154	-220,563	196,133
3	-411,432	353,071	-401,664	294,348
2	-545,02	501,102	-572,033	455,275
1	-287,725	266,443	-340,593	370,934
KOLOM TIPE K2				
Lantai	Vu2 (kN)		Vu3 (kN)	
	Min	Max	Min	Max
4	-16,1682	14,9035	-16,5134	16,8431
3	-9,1563	14,8819	-7,8521	21,989
2	-34,5734	32,8346	-14,098	19,4714
1	-106,013	101,518	-91,3742	115,505

Contoh perhitungan dengan kolom tipe K1 pada lantai 1

1. Data Kolom

- a. $B = H = 600 \text{ mm}$
- b. $L_{top} = 3500 \text{ mm}$
- c. $L_{bot} = 4000 \text{ mm}$
- d. $H \text{ balok} = 600 \text{ mm}$
- e. $L_{n_{top}} = L_{top} - H \text{ balok}$
 $= 3500 - 600 = 2900 \text{ mm}$
- f. $L_{n_{bot}} = L_{bot} - H \text{ balok}$
 $= 4000 - 600 = 3400 \text{ mm}$
- g. $M_{pr_{top}} = 517,79 \text{ kNm}$
- h. $M_{pr_{bot}} = 280,04 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned}
 \text{i. } P_u &= 5422,63 \text{ kN} \\
 \text{j. } A_g &= B \times H \ 600 \times 600 \\
 &= 360000 \text{ mm}^2 \\
 \text{k. } f'_c &= 25 \text{ MPa} \\
 \text{l. } f_y \text{ pokok} &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{m. } f_y \text{ sengkang} &= 240 \text{ MPa} \\
 \text{n. } p_b &= 40 \text{ mm} \\
 \text{o. } D_{\text{pokok}} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{p. } D_{\text{sengkang}} &= 12 \text{ mm} \\
 \text{q. } d_s = d_s' &= p_b + D_{\text{sengkang}} + \frac{D_{\text{pokok}}}{2} \\
 &= 40 + 12 + \frac{25}{2} \\
 &= 64,5 \text{ mm} \\
 \text{r. } d &= H - d_s = 600 - 64,5 \\
 &= 535,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Vu Kolom

$$\begin{aligned}
 \text{a. } D_{f_{\text{top}}} &= \frac{1/L_{n_{\text{top}}}}{1/L_{n_{\text{top}}} + 1/L_{n_{\text{bot}}}} = \frac{1/2900}{1/2900 + 1/3400} \\
 &= 0,5397
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } D_{f_{\text{bot}}} &= \frac{1/L_{n_{\text{bot}}}}{1/L_{n_{\text{bot}}} + 1/L_{n_{\text{top}}}} = \frac{1/3400}{1/3400 + 1/2900} \\
 &= 0,4603
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } V_{\text{sway}} &= \frac{\sum M_{pr_{\text{top}}} \times D_{f_{\text{top}}} + M_{pr_{\text{bot}}} \times D_{f_{\text{bot}}}}{L} \\
 &= \frac{517,79 \times 0,5397 + 280,04 \times 0,4603}{3,5}
 \end{aligned}$$

$$= 116,671 \text{ kN} = 116670,95 \text{ N}$$

$$\text{d. } V_u = 370,934 \text{ kN (dari ETABS)}$$

digunakan yang terbesar antara V_u dan V_{sway} , yaitu 370,934 kN

$$\begin{aligned}
 \text{e. } V_c &= \left(1 + \frac{P_u}{14 \times A_g}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= \left(1 + \frac{5422,63}{14 \times 360000}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 600 \times 535,5 \\
 &= 555827,35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

f. Syarat daerah sendi plastis (l_0) berdasarkan SNI, diambil yang terbesar dari

1) Tinggi elemen struktur, $d = 535,5 \text{ mm}$

2) $1/6$ tinggi bersih kolom $= \frac{1}{6} \times 2900 = 483,3 \text{ mm}$

3) 500 mm

digunakan $l_0 = 535,5 \text{ mm}$

3. Daerah Sendi Plastis

a. $V_u = 370934 \text{ N}$

b. $V_c = 0$ (karena dalam sendi plastis)

c. $V_u/\phi = \frac{370934}{0,75} = 494578,67 \text{ N}$

d. $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 494578,67 - 0$
 $= 494578,67 \text{ N}$

e. jumlah kaki rencana, $n = 4$ kaki

f. Luas 1D $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2$
 $= 113,1 \text{ mm}^2$

g. s perlu $= \frac{n \times A_{1D} \times f_y \times d}{V_s}$
 $= \frac{4 \times 113,1 \times 240 \times 535,5}{494578,67}$
 $= 117,56 \text{ mm}$

h. jarak spasi maksimum sengkang kolom berdasarkan SNI

1) $1/4$ dimensi penampang kolom terkecil $= \frac{1}{4} \times B = \frac{1}{4} \times 600 = 150 \text{ mm}$

2) 6 kali diameter tulangan longitudinal $= 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

3) 100 mm

digunakan s maksimum $= 100 \text{ mm}$

i. s pakai $= 100 \text{ mm}$

j. tulangan geser pakai 4P12-100

4. Daerah Luar Sendi Plastis

a. $V_u = 370934 \text{ N}$

b. $V_c = 555827,34 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } Vu/\phi &= \frac{370934}{0,75} = 494578,67 \text{ N} \\
 \text{d. } Vs &= \frac{Vu}{\phi} - Vc = 494578,67 - 555827,34 \\
 &= -61248,67 \text{ N} \\
 \text{e. } s \text{ perlu} &= \frac{n \times A1D \times fy \times d}{Vs} \\
 &= \frac{4 \times 113,1 \times 240 \times 535,5}{-61248,67} \\
 &= -474,63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f. Jarak spasi maksimum

$$1) 6 \times \text{diameter tul. longitudinal} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$2) 150 \text{ mm}$$

digunakan s maksimum = 150 mm

$$\text{g. } s \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

h. tulangan geser pakai P12-150

5. Desain *lap splice*

Lap splice hanya boleh dipasang di tengah tinggi kolom dan harus diikat dengan tulangan sengkang. Pada perencanaan kolom ini digunakan *lap splice* kelas B dengan faktor panjang lewatan 1,3 *ld*.

a. perhitungan panjang *ld*

$$\begin{aligned}
 ld &= \left(\frac{fy \times \psi_s \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f'c}} \right) \times \phi_p \\
 &= \left(\frac{400 \times 1,3 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \right) \times 25 \\
 &= 1529,41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. panjang lewatan

$$1,3 \times ld = 1,3 \times 1529,41 = 1988,235 \text{ mm}$$

panjang lewatan dapat dikurangi sebesar 17% jika sengkang sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari $0,0015 \times h \times s$

$$\text{area efektif minimal} = 0,0015 \times 600 \times 100 = 90 \text{ mm}^2$$

$$\text{area } hoops = 452,389 \text{ mm}^2$$

$$\text{lap splice} = 83\% \times 1988,235 = 1650,24 \text{ mm}$$

dibulatkan menjadi 1700 mm

5.6.5 Rekapitulasi Analisis Kolom

Dari perhitungan-perhitungan sebelumnya, didapatkan detail penulangan kolom pada tabel berikut

Tabel 5.25 Rekapitulasi Penulangan Kolom

TIPE	DIMENSI	Tulangan Longitudinal	Tulangan Geser		
				Lantai 1	Lantai 2-4
K1 lantai 1	600 x 600mm	20D-29	Tumpuan	2P12-100	2P12-100
			Lapangan	P12-150	P12-150
K1 lantai 2-3		20D-25	Tumpuan	P12-100	P12-100
			Lapangan	P12-150	P12-150
K1 lantai 4		20D-22	Tumpuan	P12-100	P12-100
			Lapangan	P12-150	P12-150
K2	400 x 400mm	12D-25	Tumpuan	P12-100	P12-100
			Lapangan	P12-150	P12-150

5.7 Analisis Hubungan Balok Kolom

Sebagaimana diketahui bahwa *joint* adalah salah satu elemen penting didalam sistem struktur. *Joint* merupakan tempat pertemuan sambungan balok dan kolom yang memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada. Kondisi tersebut digambarkan dengan tulangan atas balok pada satu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan disaat bersamaan tulangan atas balok pada sisi kolom lainnya mengalami desak, sedangkan tulangan bawah balok masing-masing mengalami tegangan yang sebaliknya.

Berikut langkah-langkah untuk menentukan penulangan hubungan balok kolom pada perencanaan bangunan ini dengan contoh kolom-balok K1-B1

1. Data material

- a. Tegangan desak beton (f'_c) = 25 MPa = 255 kg/cm²
- b. Tegangan leleh baja (f_y) = 400 MPa = 4080 kg/cm²
- c. Diameter tul. pokok (Φ_p) = 29 mm
- d. Diameter tul. sengkang (Φ_s) = 12 mm
- e. Regangan maks beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- f. Selimut beton (p_b) = 40 mm
- g. H balok atas = 600 mm

$$\begin{aligned}
 \text{h. H balok bawah} &= 600 \text{ mm} \\
 \text{i. b kolom} = \text{h kolom} &= 600 \text{ mm} \\
 \text{i. h} &= b - pb - \phi s - \frac{\phi p}{2} \\
 &= 600 - 40 - 12 - \frac{29}{2} \\
 &= 533,5 \text{ mm} \\
 \text{j. L kolom} &= 4000 \text{ mm} \\
 \text{k. Ln kolom} &= L - (0,5xHbalok_{atas} + 0,5xHbalok_{bawah}) \\
 &= 4000 - (0,5x600 + 0,5x600) \\
 &= 3400 \text{ mm} \\
 \text{l. hx} &= b - (2xpb) \\
 &= 600 - (2 \times 40) \\
 &= 520 \text{ mm} \\
 \text{m. hc} &= b - (2xpb) - \phi s \\
 &= b - (2 \times 40) - 12 \\
 &= 508 \text{ mm} \\
 \text{n. Ad} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi s^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\
 &= 113,1 \text{ mm}^2 \\
 \text{o. Ag} &= b \times h = 600 \times 600 \\
 &= 360000 \text{ mm}^2 \\
 \text{p. Ach} &= hx \times hx \\
 &= 520 \times 520 \\
 &= 270400 \text{ mm}^2 \\
 \text{q. Ag/Ach} &= \frac{360000}{270400} \\
 &= 1,33
 \end{aligned}$$

2. Daerah Sendi Plastis (I_o)

a. syarat jarak spasi, $s < 150 \text{ mm}$

s pakai = 100 mm

$$\text{b. Ash1} = 0,3 \times \left(\frac{s \times hc \times f'c}{f_y} \right) \times \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,3 \times \left(\frac{100 \times 508 \times 25}{400} \right) \times (1,33 - 1) \\
 &= 323,08 \text{ mm}^2 \\
 \text{c. Ash 2} &= \frac{0,09 \times hc \times f'c}{fy} \\
 &= \frac{0,09 \times 508 \times 25}{400} \\
 &= 292,50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan nilai Ash terbesar yaitu = 323,08 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{d. n perlu} &= \frac{Ash}{Ad} \\
 &= \frac{323,08}{113,1} \\
 &= 2,85 \text{ kaki}
 \end{aligned}$$

$$\text{e. n pakai} = 3 \text{ kaki}$$

Dengan begitu hubungan balok kolom digunakan tulangan 1,5D12. Berikut rekapitulasi penggunaan jumlah kaki dan jarak sengkang pada HBK lainnya.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Tulangan pada Hubungan Balok Kolom

TIPE JOINT	TULANGAN PAKAI
HBK 1	1,5D12-100
HBK 2	1,5D12-100
HBK 3	1,5D12-100
HBK 4	1,5D12-100

5.8 Analisis Pondasi Tiang Pancang

Pondasi merupakan struktur konstruksi bangunan yang mendistribusikan beban dari komponen struktur di atasnya ke lapisan tanah keras. Pondasi berinteraksi langsung dengan kolom-kolom struktur karena secara urutan penyaluran beban, pondasi lah bagian struktur terakhir setelah kolom yang akan menerima beban. Angka keamanan pondasi haruslah lebih besar dari kolom ataupun struktur atas lainnya. Pondasi yang akan digunakan pada perencanaan bangunan gedung kantor ini menggunakan pondasi telapak. Berikut langkah-langkah perhitungan kebutuhan dimensi maupun tulangan pada pondasi yang dibutuhkan.

5.8.1 Hasil Analisis Momen dan Gaya Aksial pada Struktur Pondasi

Hasil analisis nilai momen dan gaya aksial pada pondasi dapat diketahui dari ETABS dengan cara menyeleksi seluruh *joint* pada bawah kolom lantai 1 kemudian memilih *Display - Show Tables - Analysis - Results - Reaction - Joint Reactions*, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Nilai Momen dan Gaya pada Pondasi

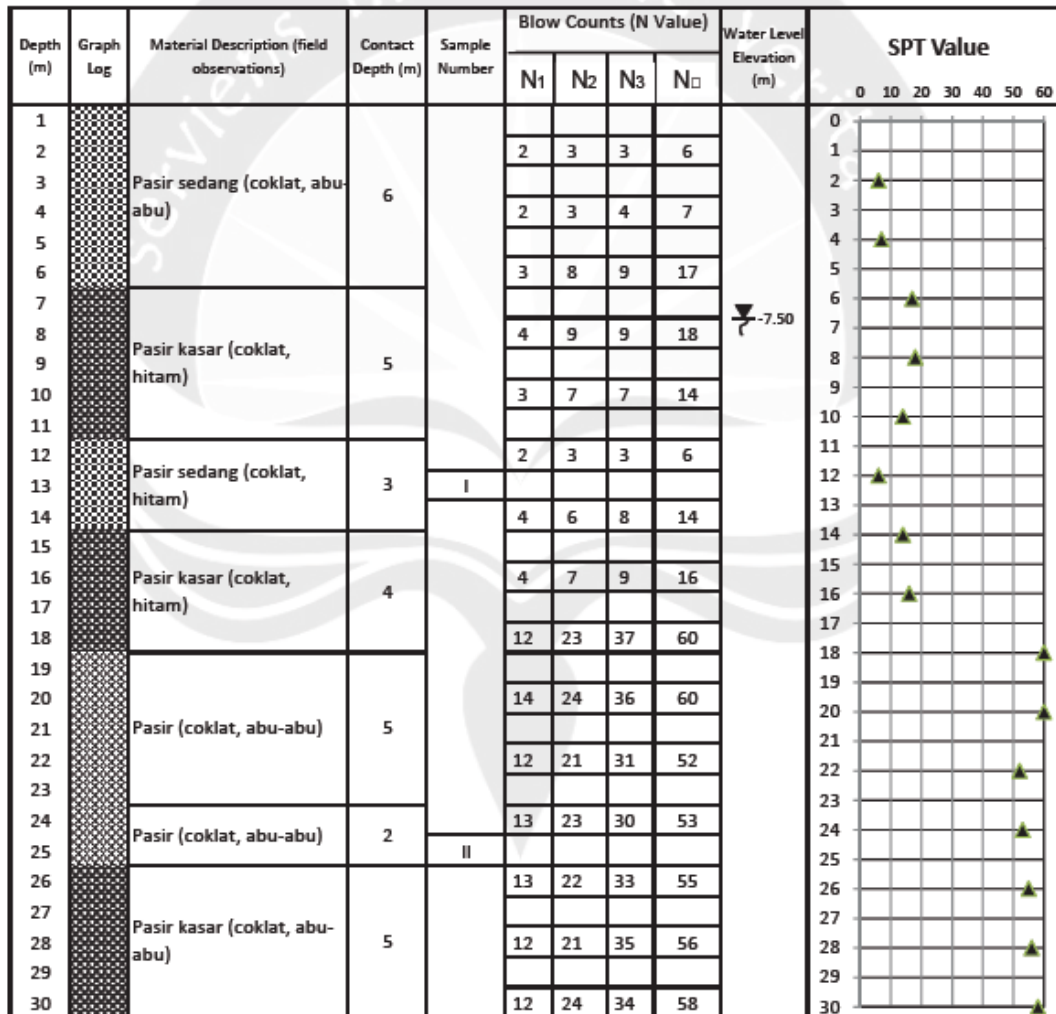
Pondasi	Beban Gravitasi				
	P(kN)	V _x (kN)	V _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
P1	3774,319	36,3623	40,2397	52,004	45,1461
P2	743,3076	3,191	6,1471	4,6807	2,9802
Pondasi	Beban Gempa Arah X				
	P(kN)	V _x (kN)	V _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
P1	62,2004	64,61	26,4118	60,8835	166,2746
P2	44,3943	27,7841	3,697	5,086	43,5587
Pondasi	Beban Gempa Arah Y				
	P(kN)	V _x (kN)	V _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
P1	205,6553	54,0309	93,8598	239,4606	99,8052
P2	179,7861	27,2413	17,4458	33,3439	38,0648

5.8.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang secara garis besar dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama melakukan perhitungan daya dukung tanah untuk mengetahui tingkat keamanan dari tegangan tanah yang terjadi. Tahap kedua melakukan perhitungan tinjauan kerusakan geser dari pondasi tersebut dan selanjutnya menghitung penulangannya. Berikut langkah-langkah dalam menghitung daya dukung pondasi yang direncanakan.

5.8.2.1 Data Tanah dan Tiang Pancang

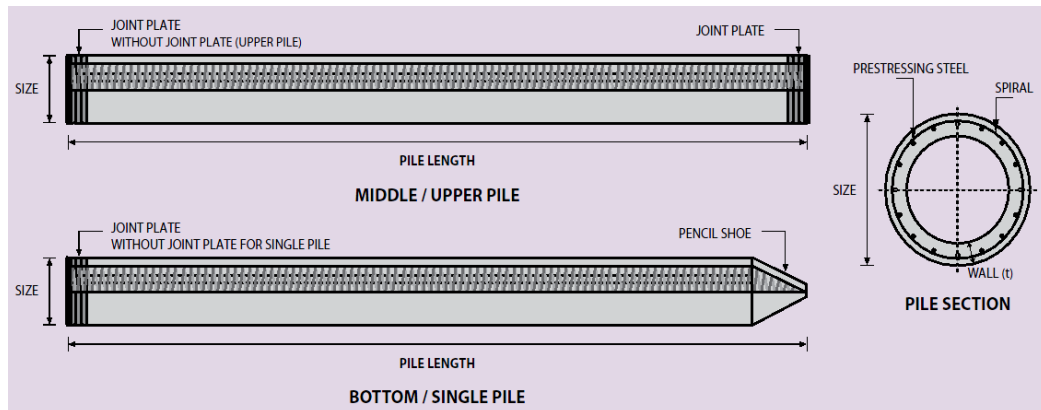
Perhitungan kapasitas dukung pondasi umumnya menggunakan data hasil uji sondir, dan uji SPT . Dalam perancangan pondasi ini menggunakan asumsi data N-SPT dari lokasi yang berbeda dikarenakan keterbatasan data. Asumsi lokasi yang digunakan yaitu jalan Adi Sutjipto, Sleman, D.I.Yogyakarta.



Gambar 5.19 Data Uji Bor Tanah

(sumber : Soil Mechanics Laboratory, UAJY (2014))

Data tanah berdasarkan hasil uji N-SPT, tanah keras berada pada kedalaman yang cukup dalam sehingga pondasi yang akan didesain pada perancangan ini termasuk pondasi dalam berupa tiang pancang. Tiang pancang yang direncanakan menggunakan material beton pracetak, produk dari PT. Wijaya Karya Beton. Data bentuk tiang pancang yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :



Gambar 5.20 Prestressed Concrete Pretension Spun Piles

(sumber : <https://www.wika-beton.co.id/download-brosur/ind>

diakses pada tanggal 10 Agustus 2020)

Dari data uji bor tersebut, diketahui tanah keras berada pada kedalaman 22 meter, maka akan digunakan spesifikasi tiang sebagai berikut :

1. Diameter luar (D) = 500 mm
2. Ketebalan dinding (T) = 90 mm
3. Panjang tiang (L) = 20 meter
4. Berat tiang (Wp) = 290 kg/m x 20 m
= 5,8 Ton
5. Kuat tekan beton tiang pancang ($f'c$) = 52 MPa

5.8.2.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya dukung ijin tiang ditinjau menggunakan metode meyerhoff (1956) dengan rumus daya dukung untuk tiang pancang sebagai berikut.

$$Q_u = 40 \times N_b \times A_p + 0,2 \times N \times A_s$$

dengan :

- Qu = Daya dukung ultimit pondasi tiang pancang (ton)
- Nb = Nilai N-SPT pada elevasi dasar tiang
- Ap = Luas penampang dasar tiang (m²)
- As = Luas selimut tiang (m²)
- N = Nilai N-SPT rata-rata

Berikut ini langkah-langkah dalam mencari besaran daya dukung ultimit pondasi tiang pancang rencana :

1. Dalam mencari nilai N-SPT rerata digunakan data nilai SPT dari tabel uji bor sebelumnya sebagai berikut :

Tabel 5.28 Rekapitulasi Perhitungan Mencari Nilai N

No	Kedalaman		Nilai SPT	L1	L1 x N
	z1 (m)	z2 (m)	N	(m)	
1	0,00	2,00	6	2	12
2	2,00	4,00	7	2	14
3	4,00	6,00	17	2	34
4	6,00	8,00	18	2	36
5	8,00	10,00	14	2	28
6	10,00	12,00	6	2	12
7	12,00	14,00	14	2	28
8	14,00	16,00	16	2	32
9	16,00	18,00	60	2	120
10	18,00	20,00	60	2	120
11	20,00	22,00	52	2	104
12	22,00	24,00	53	2	106
13	24,00	26,00	55	2	110
14	26,00	28,00	56	2	112
15	28,00	30,00	58	2	116

Dari tabel tersebut dihitung nilai N-rerata dengan rumus :

$$N = \frac{\sum L1 \cdot N}{\sum L}$$

$$N = \frac{12 + 14 + 34 + 36 + 28 + 12 + 28 + 32 + 120 + 120 + 104 + 106 + 110 + 112 + 116}{15}$$

$$N = 65,6$$

$$2. N_b = 52$$

$$\begin{aligned} 3. A_p &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 0,5^2 \\ &= 0,1963 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. A_s &= \pi \times D \times L \\ &= \pi \times 0,5 \times 20 \end{aligned}$$

$$= 31,4159 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} 5. \text{ Daya dukung ujung (} Q_p \text{)} &= 40 \times N_b \times A_p \\ &= 40 \times 52 \times 0,1963 \\ &= 408,41 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \text{ Daya dukung selimut (} Q_s \text{)} &= 0,2 \times N \times A_s \\ &= 0,2 \times 65,6 \times 31,4159 \\ &= 412,177 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7. \text{ Daya dukung ultimit (} Q_u \text{)} &= Q_p + Q_s \\ &= 408,41 + 412,177 \\ &= 820,584 \text{ ton} \end{aligned}$$

8. *Safety Factor* (SF) digunakan 2 dan 5

$$\begin{aligned} 9. \text{ Daya dukung ijin (} Q_{all} \text{)} &= \frac{Q_p}{2} + \frac{Q_s}{5} \\ &= \frac{408,41}{2} + \frac{412,177}{5} \\ &= 286,6389 \text{ ton} = 2810,97 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 5.29 Rekapitulasi Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal Pondasi

Rekap Daya Dukung Ijin Metode Meyerhoff		
Tipe Pondasi	Nilai	Satuan
Pondasi Tipe 1	2810,97	kN
Pondasi Tipe 2	1928,37	kN

5.8.3 Jumlah Tiang yang Diperlukan

Perhitungan jumlah tiang yang dibutuhkan pada satu titik kolom menggunakan beban aksial kolom. Jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang.

$$np = \frac{P}{Q_{all}}$$

dimana :

np = Jumlah tiang

P = Gaya aksial yang terjadi

Q_{all} = Daya dukung ijin tiang

Sehingga

$$np = \frac{3774,32}{2810,97}$$

$$= 1,34 \approx 4 \text{ buah}$$

Jumlah tiang yang dipakai sebanyak 4 buah , hal ini dilakukan untuk menambah kekuatan pondasi agar aman terhadap gaya–gaya yang terjadi.

Rekapitulasi hasil perhitungan jumlah tiang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.30 Rekapitulasi Jumlah Tiang

Tipe	Jumlah Diperlukan	Jumlah Dipakai
Pondasi 1	1,34	4
Pondasi 2	0,39	4

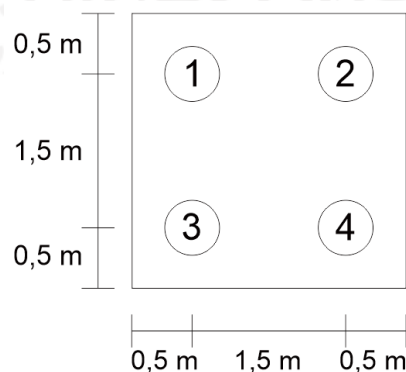
5.8.4 Konfigurasi Susunan Tiang

Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah pile cap, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Jarak antar tiang pada kelompok tiang sangat mempengaruhi kapasitas daya dukung kelompok tiang. Prinsipinya jarak tiang (S) makin rapat, ukuran pile cap makin kecil dan secara tidak langsung biaya lebih murah, Tetapi bila pondasi memikul beban momen maka jarak tiang perlu diperbesar yang berarti memperbesar tahanan momen. Berikut ini contoh perhitungan konfigurasi susunan tiang pondasi tipe 1 :

Jarak antar as-as tiang yang umum dipakai $2,5 D \leq S \leq 3D$

Maka $S = 3 \times D = 3 \times 0,5 = 1,5 \text{ m}$

Jarak tiang ke tepi pile cap = $1 \times D = 0,5 \text{ m}$



Gambar 5.21 Konfigurasi Tiang Pondasi Tipe 1

1. Perhitungan Eksentrisitas

a. Titik berat kelompok tiang

$$X_o = \frac{(2 \times 0,5) + (2 \times (0,5 + 1,5))}{4} = 1,25 \text{ m}$$

$$Y_o = \frac{(2 \times 0,5) + (2 \times (0,5 + 1,5))}{4} = 1,25 \text{ m}$$

b. Titik Berat *pilecap*

$$X_o' = 0,5 \times (0,5 + 1,5 + 0,5) = 1,25 \text{ m}$$

$$Y_o' = 0,5 \times (0,5 + 1,5 + 0,5) = 1,25 \text{ m}$$

c. Eksentrisitas pile cap-kelompok tiang

$$e_{x1} = X_o - X_o' = 1,25 - 1,25 = 0$$

$$e_{y1} = Y_o - Y_o' = 1,25 - 1,25 = 0$$

d. Letak kolom

Ditinjau dari pusat sumbu ke arah sumbu X = 1,25 m dan sumbu Y = 1,25 m

e. Eksentrisitas kolom-kelompok tiang

$$e_{x2} = X_o - X = 1,25 \text{ m} - 1,25 \text{ m} = 0$$

$$e_{y2} = Y_o - Y = 1,25 \text{ m} - 1,25 \text{ m} = 0$$

2. Perhitungan efisiensi kelompok tiang menentukan besar kecilnya daya dukung kelompok tiang. Efisiensi dipengaruhi oleh bentuk konfigurasi tiang itu sendiri. Menurut Edi Purwanto, nilai efisiensi tiang harus lebih kecil dari 1. Perhitungan efisiensi menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

Ef = efisiensi kelompok tiang

θ = arc.tg. (D/S)

D = diameter tiang

S = jarak antar tiang (as ke as)

m = jumlah tiang dalam 1 kolom

n = jumlah tiang dalam 1 baris

Sehingga ,

$$E_f = 1 - \text{arc. tg} \left(\frac{0,5}{1,5} \right) \frac{(2 - 1) \times 2 + (2 - 1) \times 2}{90 \times 2 \times 2}$$

$$= 0,795 < 1 \text{ (telah memenuhi syarat)}$$

Maka, daya dukung ijin pondasi tiang kelompok dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{all} \text{ kelompok tiang} &= E_f \times n \times Q_{all} \text{ tunggal} \\ &= 0,795 \times 4 \times 2810,97 \\ &= 911,7035 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan efisiensi kelompok tiang dan daya dukung kelompok tiang.

Tabel 5.31 Rekapitulasi Efisiensi dan Daya Dukung Ijin Kelompok Tiang

Tipe	Efisiensi (Ef)	Syarat Ef < 1	Daya Dukung Ijin (kN)
Pondasi 1	0,795	Terpenuhi	911,704
Pondasi 2	0,758	Terpenuhi	596,021

5.8.5 Kontrol Terhadap Gaya-gaya yang Terjadi

Desain pondasi yang sudah dihitung sebelumnya di cek kembali apakah aman terhadap gaya-gaya yang terjadi. Adapun detail perhitungannya sebagai berikut dengan contoh pada Pondasi Tipe 1.

1. Perhitungan Berat *Pile Cap*

- a. Lebar pile cap (B_x) = 2,5 m
- b. Panjang pile cap (B_y) = 2,5 m
- c. Tebal pile cap (H) = 1 m
- d. Berat volume beton bertulang (γ_c) = 24 kN/m³
- e. Berat pile cap (W_{pc}) = $B_x \times B_y \times H \times \gamma_c$
 $= 2,5 \times 2,5 \times 1 \times 24$
 $= 150 \text{ kN} = 15 \text{ ton}$
- f. X_i tiang = $\frac{s}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ m}$
- g. Y_i tiang = $\frac{s}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ m}$
- h. X_i^2 = $0,75^2$

$$= 0,5625 \text{ m}$$

$$\text{i. } Y_i^2 = 0,75^2$$

$$= 0,5625 \text{ m}$$

2. Perhitungan Gaya Dukung Ijin terhadap Pengaruh Beban Tetap

Pada prinsipnya daya dukung pondasi akan memenuhi syarat apabila daya dukung ijin tekan pondasi (Q_{all}) lebih besar dari pada beban maksimum yang diterima oleh tiap tiang (P_{max})

$$\text{a. } P = 3774,32 \text{ kN}$$

$$\text{b. } P_{pc} = W_{pc} = 150 \text{ kN}$$

$$\text{c. } M_x = 52,004 \text{ kNm}$$

$$\text{d. } M_y = 45,15 \text{ kNm}$$

$$\text{e. } P_{max} = \frac{P+P_{pc}}{np} + \frac{M_y \times X_i}{X_i^2} + \frac{M_x \times Y_i}{Y_i^2}$$

$$= \frac{3774,32+150}{4} + \frac{(45,15) \times (0,75)}{0,5625} + \frac{(52,004) \times (0,75)}{0,5625}$$

$$= 1110,62 \text{ kN}$$

$$\text{f. } P_{min} = \frac{P+P_{pc}}{np} - \frac{M_y \times X_i}{X_i^2} - \frac{M_x \times Y_i}{Y_i^2}$$

$$= \frac{3774,32+150}{4} - \frac{(45,15) \times (0,75)}{0,5625} - \frac{(52,004) \times (0,75)}{0,5625}$$

$$= 894,07 \text{ kN}$$

$$\text{g. } Q_{all} = 2810,97 \text{ kN}$$

Syarat aman : $Q_{all} > P_{max} = 2810,97 \text{ kN} > 1110,62 \text{ kN}$ (Aman)

3. Perhitungan Gaya Dukung Ijin terhadap Pengaruh Beban Gempa

$$\text{a. } P_g = 205,66 \text{ kN}$$

$$\text{b. } P_{pc} = 150 \text{ kN}$$

$$\text{c. } M_{xG} = 239,46 \text{ kN}$$

$$\text{d. } M_{yG} = 99,81 \text{ kN}$$

$$\text{e. } P_{g_{max}} = \frac{P_g+P_{pc}}{np} + \frac{M_{yG} \times X_i}{X_i^2} + \frac{M_{xG} \times Y_i}{Y_i^2}$$

$$= \frac{205,66+150}{4} + \frac{(99,81) \times (0,75)}{0,5625} + \frac{(239,46) \times (0,75)}{0,5625}$$

$$= 541,28 \text{ kN}$$

$$\text{f. } P_{g_{min}} = \frac{P_g+P_{pc}}{np} - \frac{M_{yG} \times X_i}{X_i^2} - \frac{M_{xG} \times Y_i}{Y_i^2}$$

$$= \frac{205,66+150}{4} - \frac{(99,81) \times (0,75)}{0,5625} - \frac{(239,46) \times (0,75)}{0,5625}$$

$$= -161,12 \text{ kN}$$

g. $Q_{all} = 2810,97 \text{ kN}$

Syarat aman : $Q_{all} > P_{g_{max}} = 2810,97 \text{ kN} > 541,28 \text{ kN}$ (Aman)

4. Perhitungan Kontrol terhadap Gaya Geser

Gaya geser akibat beban tetap (V_u) = 40,24 kN

Gaya geser akibat beban gempa ($V_u G$) = 134,1 kN

Syarat : Gaya geser yang bekerja pada 1 tiang (H) \leq Daya dukung geser ijin tiang (H_a)

$$\text{Rumus : } H_a = \frac{H_u}{SF}$$

dimana $SF = 3$ untuk beban tetap dan $SF = 2$ untuk beban gempa.

Dimana :

M_y = momen plastis tiang pancang

d = diameter tiang pancang

f = tinggi reaksi tanah

Nilai f diperoleh dari persamaan :

$$f^2 + (2L + 3d)f + \left[\frac{M_y}{2,25 \times c_u \times d} - (L - 1,5d)^2 \right]$$

Didapatkan :

$M_y = 12,5 \times 9,81 = 122,63 \text{ kNm}$ (dari tabel katalog tiang PT.WIKA Beton)

$f = 7,52 \text{ m}$

$d = 0,5 \text{ m}$

Sehingga gaya geser ultimit tiang (H_u),

$$H_u = \frac{2 \times M_y}{(1,5 \times d + 0,5 \times f)}$$

$$H_u = \frac{2 \times 122,63}{(1,5 \times 0,5 + 0,5 \times 7,52)} = 54,4 \text{ kN}$$

a. Akibat beban tetap

$H_a \text{ tetap} = H_u/SF = 54,4/3 = 18,13 \text{ kN}$

$H \text{ tetap} = V_u/n = 40,24/4 = 10,06 \text{ kN}$

Syarat : $H \leq H_a = 10,06 \text{ kN} < 18,13 \text{ kN}$ (terpenuhi)

b. Akibat beban sementara

$$H_a \text{ sementara} = H_u/SF = 54,4/2 = 27,2 \text{ kN}$$

$$H \text{ sementara} = VuG/n = 93,86/5 = 23,47 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat : } H \leq H_a = 23,47 \text{ kN} < 27,2 \text{ kN} \text{ (terpenuhi)}$$

Berikut rekapitulasi hasil pengecekan daya dukung pondasi terhadap gaya-gaya yang terjadi.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya-gaya yang Terjadi

Tipe	Gaya Tekan	Gaya Gempa	Gaya Geser
Pondasi 1	AMAN	AMAN	AMAN
Pondasi 2	AMAN	AMAN	AMAN

5.8.6 Perhitungan Penulangan dan Kontrol Keruntuhan Geser di *Pile Cap*

Kebutuhan tulangan pada *pile cap* dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Desain Penulangan Pile Cap

a. B_x = jarak tiang ketepi *pile cap* + jarak antar tiang + jarak tiang ketepi *pile cap*

$$= 0,5 + 1,5 + 0,5 = 2,5 \text{ m}$$

b. B_y = jarak tiang ke tepi *pile cap* + jarak antar tiang + jarak tiang ketepi *pile cap*

$$= 0,5 + 1,5 + 0,5 = 2,5 \text{ m}$$

c. L_x = $0,5 \times B_x$ – jarak tiang ke tepi kolom – $0,5 \times b$ kolom

$$= 0,5 \times 2,5 - 0,5 - 0,5 \times 0,6$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

d. L_y = $0,5 \times B_y$ – jarak tiang ke tepi kolom – $0,5 \times h$ kolom

$$= 0,5 \times 2,5 - 0,5 - 0,5 \times 0,6$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

e. Mutu Beton (f'_c) = 25 MPa

f. Mutu Baja (f_y) = 400 MPa

g. Dpokok = 25 mm

h. Dsusut = 16 mm

$$g. pb = 75 \text{ mm (SNI 2847-2013 7.7.1)}$$

$$h. \text{Tinggi pile cap (H)} = 1,5 \text{ m}$$

$$i. d = H - sb - 0,5 \times \phi_{pokok}$$

$$= 1500 - 75 - 0,5 \times 25 = 1412,5 \text{ mm}$$

$$j. b_{kolom} = 600 \text{ mm}$$

$$k. h_{kolom} = 600 \text{ mm}$$

$$l. A_{Dp} = 0,25 \times \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi 25^2$$

$$= 490,87 \text{ mm}^2$$

m. Faktor reduksi (ϕ) 0,8 untuk lentur dan 0,75 untuk geser

$$n. Mu = n \times Pmax \times Lx$$

$$= 2 \times 1110,62 \times 0,45$$

$$= 999,558 \text{ kNm}$$

$$o. Mn = Mu / \phi = 999,558 / 0,8$$

$$= 1249,4475 \text{ kNm}$$

$$Mn = Cc * Z$$

$$Mn = (0,85 \times f'c \times a \times b) \times (d - a/2)$$

$$1249447500 = 53125 a \times 1412,5 - a/2$$

$$47038,0235 = 2825 a - a^2$$

$$a^2 - 2825a - 47038,0235 = 0$$

Dihitung dengan rumus abc

$$p. a1 = 2808,25 \text{ mm}$$

$$a2 = 16,75 \text{ mm (dipakai)}$$

$$q. As_{max} = \left(0,85 \times \frac{3}{7} \times \beta_1 \times \frac{f'c}{f_y}\right) \times (bx \times d)$$

$$= \left(0,85 \times \frac{3}{7} \times 0,85 \times \frac{25}{400}\right) \times (2,5 \times 1,4125)$$

$$= 68339,1462 \text{ mm}^2$$

$$r. As_{min1} = \frac{\sqrt{f'c}}{4f_y} \times bx \times d$$

$$= \frac{\sqrt{25}}{4 \times 400} \times 2,5 \times 1,4125$$

$$= 11035,1563 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 2,5 \times 1,4125 \\ &= 12359,375 \text{ mm}^2 \text{ (dipakai)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{s. As perlu} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 16,75 \times 1000}{400} \\ &= 889,844 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{t. N perlu} &= \text{As perlu} / \text{As 1D} \\ &= \frac{889,884}{490,87} = 1,81 \text{ buah tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{u. N pakai} &= \text{jumlah tulangan pakai pembulatan keatas} \\ &= 26 \text{ buah tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{v. As terpasang} &= \text{As 1D} \times \text{N pakai} \\ &= 490,87 \times 26 \\ &= 12762,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek luas tulangan : $\text{As min} < \text{As tps} < \text{As max}$

$$12359,375 \text{ mm}^2 < 12762,62 \text{ mm}^2 < 68339,1462 \text{ mm}^2 \text{ (terpenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \text{w. Cek Sh} &= \frac{b - 2Sb - 2D - nD}{n - 1} \\ &= \frac{(2,5 \times 1000) - (2 \times 0,075 \times 1000) - 2 \times 25 - 26 \times 25}{26 - 1} \\ &= 66 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{x. S} &= \frac{\text{As tul} \times b}{\text{As pakai}} = \frac{490,87 \times 2500}{12762,62} \\ &= 96,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Spakai} = 90 \text{ mm}$$

Maka tulangan pile cap dipakai D25-90

2. Kapasitas geser satu arah

$$\text{a. V} = n \times P_{\max} = 2 \times 1110,62 = 2221,24 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Vn} &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times B \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 2,5 \times 1,4125 \\ &= 2942,7083 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat : $V_x \leq V_{nx}$ jika tidak memenuhi maka H dipertebal

$$: 2221,24 \text{ kN} \leq 2942,7083 \text{ kN} \text{ (aman)}$$

3. Kapasitas geser 2 arah

a. Keliling penampang geser 2 arah

$$\begin{aligned} B_o &= 2 \times (b_{kolom} + h_{kolom} + 2d) \\ &= 2 \times (0,6 + 0,6 + 2 \times 1,4125) = 8,05 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= n \times (P_{max} + P_{min}) \\ &= 2 \times (1110,62 + 894,07) \\ &= 4009,38 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\alpha_s \text{ kolom dalam} = 40$$

$$\alpha_s \text{ kolom tepi} = 30$$

$$\alpha_s \text{ kolom sudut} = 20$$

$$\theta = 0,75$$

$$\beta_c = \frac{h_{kolom}}{b_{kolom}}$$

b. Nilai V_c diambil yang terkecil dari :

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= \left(1 + \frac{2}{0,6/0,6}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 8,05 \times 1,4125 \\ &= 28426,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \times \frac{1}{12} \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= \left(\frac{40 \times 1,4125}{8,05} + 2\right) \times \frac{1}{12} \times \sqrt{25} \times 8,05 \times 1,4125 \\ &= 42728,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 8,05 \times 1,4125 \\ &= 18951,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\theta V_{cmin1} = 21319,92 \text{ kN}$$

$$\theta V_{cmin2} = 32046,1 \text{ kN}$$

$$\theta V_{cmin3} = 14213,28 \text{ kN} \text{ (dipakai)}$$

$$\text{Syarat : } V_u \leq \theta V_{cmin} = 4009,38 \text{ kN} \leq 14213,28 \text{ kN} \text{ (terpenuhi)}$$

Untuk jenis pile cap lainya cara perhitunganya sama seperti diatas yang membedakan nilai gaya,momen dan jumlah tiang saja. Adapun rekapitulasi perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5.33 Rekapitulasi Desain *Pile Cap*

Tipe	Tebal Pilecap (m)	Tulangan Pile Cap		Jumlah Tulangan
		Arah X	Arah Y	
Pondasi 1	1,50	D25-90	D25-90	26
Pondasi 2	1,00	D25-100	D25-100	18

5.9 Analisis Balok Sloof

Balok sloof sama halnya dengan balok yang berguna memikul beban dinding dan mengikat pondasi satu sama lain agar tidak terjadi pergeseran. Balok ikat yang direncanakan ada 2 tipe menyesuaikan dengan tipe pondasi yang ada. Adapun perhitungannya dengan contoh balok ikat tipe S1 adalah sebagai berikut.

1. Data material dan balok ikat

- a. kuat tekan beton ($f'c$) = 25 MPa
- b. kuat tarik baja (f_y) = 400 MPa
- c. ϕ pokok = 19 mm
- d. ϕ sengkang = 10 mm
- e. selimut beton (pb) = 40 mm
- f. b balok = 200 mm
- g. h balok = 400 mm

2. Perhitungan tulangan lentur

- a. M_u kolom = 75,47 Tm
- b. P_u kolom = 424,56 T
- c. 10% M_u = 7,55 Tm
- d. 10% P_u = 42,46 T
- e. (ϕ) = 0,65
- f. $P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{42,46}{0,65}$
= 65,32 T = 650,9 kN
- g. $d_s = d' = pb + \phi_{sengkang} + \frac{\phi_{pokok}}{2}$

$$= 40 + 10 + \frac{19}{2} = 59,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{h. } d &= h - ds \\ &= 400 - 59,5 \\ &= 340,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{i. } Cb &= \frac{600 \times d}{600 + 400} \\ &= \frac{600 \times 340,5}{600 + 400} \\ &= 204,3 \text{ mm} = 20,43 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{j. } a &= \frac{Pn}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{650,9}{0,85 \times 25 \times 200} \\ &= 150,77 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{k. } ab &= 0,85 \times Cb \\ &= 0,85 \times 20,43 \\ &= 17,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{l. } en &= \frac{Mu}{Pu} = \frac{75,47}{424,56} \\ &= 0,177 \text{ m} = 177,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{m. } e_{\min} &= 15 + 0,03 \times h \\ &= 15 + 0,03 \times 400 = 27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{n. } e &= en + \frac{h}{2} - d' \\ &= 177,76 + \frac{400}{2} - 59,5 \\ &= 318,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{o. } Fb &= \frac{ab}{d} = \frac{17,37}{34,05} \\ &= 0,51 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{p. } Kb &= Fb \times \left(1 - \frac{Fb}{2}\right) \\ &= 0,51 \times \left(1 - \frac{0,51}{2}\right) \\ &= 0,38 \end{aligned}$$

$$\text{q. } As = As' = \frac{Pn \times e - Kb \times 0,85 \times f'c \times b \times d^2}{fy \times (d - d')}$$

$$= \frac{63,32 \times 318,26 - 0,38 \times 0,85 \times 25 \times 200 \times 340,5^2}{400 \times (340,5 - 59,5)}$$

$$= 183,79 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{r. Ast} &= 0,01 \times b \times h \\ &= 0,01 \times 200 \times 400 \\ &= 800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{s. n perlu} &= \frac{As \text{ perlu}}{0,25 \times \pi \times \phi \rho_{okok}^2} \\ &= \frac{138,79}{0,25 \times \pi \times 19^2} \\ &= 0,65 \text{ buah} \end{aligned}$$

digunakan tulangan 2 buah.

3. Perhitungan tulangan geser

$$\begin{aligned} \text{a. Vu} &= 40,93 \text{ kN} \\ &= 4,09 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\text{b. } \phi = 0,6$$

$$\begin{aligned} \text{c. Vn} &= \frac{Vu}{\phi} = \frac{4,09}{0,6} \\ &= 6,82 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Vc1} &= \left(1 - 0,3 \times \frac{10\%Pu}{Ag}\right)^2 \times \left(\frac{f'c}{6}\right) \times b \times d \\ &= \left(1 - 0,3 \times \frac{42,45}{200 \times 400}\right)^2 \times \left(\frac{25}{6}\right) \times 200 \times 340,5 \\ &= 9,13 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Vc2} &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 200 \times 340,5 \\ &= 5,79 \text{ T} \end{aligned}$$

digunakan Vc terkecil yaitu 5,79 T

f. Kontrol $Vu < Vc$

4,09 T < 5,79 T (benar, maka digunakan tulangan sengkang praktis)

Daerah tumpuan = D10-75

Daerah lapangan = D10-150

Untuk perhitungan balok sloof pada pondasi P2 sama seperti perhitungan diatas. Adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Penulangan Balok Sloof

TIPE	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	BAGIAN	DAERAH		TUL. GESER	
				TUMP.	LAP.	TUMP.	LAP.
S1	200	400	ATAS	2D19	2D19	D10-75	D10-150
			BAWAH	2D19	2D19		
S2	150	200	ATAS	2D13	2D13	D10-75	D10-150
			BAWAH	2D13	2D13		

5.10 Parameter Teknis Keselamatan Penerbangan Sipil

Landasan helikopter yang direncanakan harus memenuhi persyaratan keamanan penerbangan sesuai dengan peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 40 Tahun 2015. *Helipad* yang direncanakan terdapat diatas bangunan gedung kantor sehingga memiliki tipe *elevated*. Berikut yang menjadi parameter dalam menentukan apakah landasan helikopter tersebut aman untuk dioperasikan.

5.10.1 Parameter Fisik Landasan Helikopter

Karakteristik fisik dari sebuah landasan helikopter adalah parameter pertama yang dianalisa dengan tujuan memastikan syarat-syarat kelengkapan pada peraturan yang digunakan. Berikut data-data parameter fisik tersebut.

1. *Final Approach and Take-off Area* (FATO)

Persyaratan sebuah FATO pada landasan dengan tipe *elevated* adalah sebagai berikut.

- a. *Elevated helipad* wajib memiliki minimal 1 (satu) buah FATO yang dapat berhimpitan dengan TLOF (*Touch Down and Lift Off Area*).

Dalam perencanaan ini posisi TLOF berhimpitan dengan FATO sehingga memenuhi pasal 2.2.4.1.

- b. Permukaan FATO harus tahan dari *rotor downwash*, tidak licin, dan memiliki kemiringan tidak melebihi 2%.

- c. FATO harus bebas dari objek tetap, diluar alat bantu visual untuk memberikan petunjuk bagi helikopter.
- d. Semua objek menetap yang diperbolehkan berada di FATO harus bermassa rendah dan mudah rapuh, dengan ketinggian maksimum 25 cm.

2. *Touchdown and Lift-Off Area (TLOF)*

Persyaratan sebuah TLOF pada landasan helikopter dengan tipe *elevated* adalah sebagai berikut.

- a. *Elevated Helipad* wajib memiliki minimal 1 (satu) buah TLOF dimana TLOF tersebut dapat berhimpitan/menjadi satu dengan FATO.
Sesuai dengan pernyataan sebelumnya pada pembahasan sebelumnya TLOF berada berhimpitan dengan FATO.
- b. TLOF wajib memiliki sistem drainase guna menghindari terjadinya genangan cairan pada permukaannya baik berupa air maupun kemungkinan tumpahan bahan bakar dari helikopter.
- c. TLOF harus bebas dari objek tetap, diluar alat bantu visual untuk memberikan petunjuk bagi helikopter
- d. Semua objek menetap yang diperbolehkan berada di TLOF harus bermassa rendah dan mudah rapuh, dengan ketinggian maksimum 25 cm di tepi terluar TLOF.
- e. TLOF harus bebas dari material lepas yang dapat terkena dampak bantalan udara.
- f. TLOF dapat bermacam bentuk, sepanjang luasnya dapat menampung sebuah lingkaran dengan diameter minimal 0,83 kali panjang kesuluruhan helikopter beserta rotornya. Landasan yang didesain memiliki bentuk lingkaran dengan diameter 18,9 m sedangkan panjang helikopter yang ditinjau memiliki dimensi panjang 18,8 m dan diameter rotor utama 15,6 m sehingga memenuhi dari pasal 2.2.4.2.

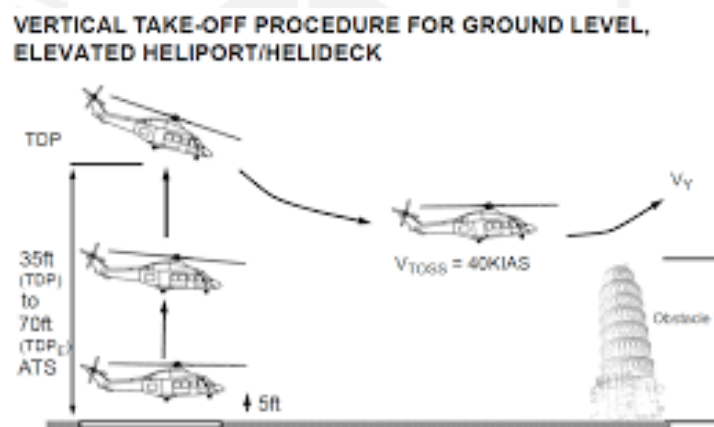
3. *Safety Net*

Jaring keamanan ini diperlukan dalam suatu rangkaian landasan helikopter, dengan tujuan memberikan nilai keamanan yang lebih pada pelaksanaan

pengoperasian penerbangan. *Safety net* harus terpasang di sekeliling *elevated helipad* sebagai perlindungan orang yang terjatuh dengan perpanjangan 1,5 m.

5.10.2 Parameter Rintangan Terbang

Pada peraturan yang digunakan terdapat syarat-syarat penentuan pembatasan rintangan di sekitar landasan helikopter, namun kondisi yang diperlukan dalam menganalisa rintangan terbang yaitu pada landasan dengan tipe *ground surface* bukan tipe *elevated*. Sehingga landasan helikopter tipe *elevated* ini tidak memerlukan parameter rintangan terbang, namun perencana tetap melakukan analisa keamanan itu sendiri dengan melihat bangunan di sekitar lokasi perencanaan.



Gambar 5.22 Parameter Ketinggian Helikopter Lepas Landas

(Sumber : ICAO Regional Workshop on Annex 14, Volume II - Heliports)

Sesuai dengan gambar diatas, maka parameter ketinggian bangunan disekitar landasan harus memiliki tinggi yang kurang dari tinggi bangunan rencana (14 meter) ditambah dengan ketinggian helikopter lepas landas setinggi 35 kaki atau 10,67 meter, sehingga ketinggian total menjadi 24,67 meter.

5.10.3 Alat Bantu Visual

Dalam perencanaan landasan helikopter ini ditentukan juga penempatan alat bantu visual untuk memudahkan saat pelaksanaan pengoperasian helikopter pada siang maupun malam hari. Berikut macam alat bantu yang digunakan.

1. *Wind Direction Indicators* (WDI)

WDI sebagai alat bantu informasi arah angin yang letak penempatannya berdasarkan pasal 4.1.2 bahwa lokasi WDI harus ditempatkan di suatu tempat yang dapat mengilustrasikan kondisi angin di sekitar FATO dan TLOF, bebas dari pengaruh turbulensi angin yang disebabkan *rotor downwash* dan *obstacle* di sekitar serta dapat terlihat dari helikopter pada saat mengudara dengan ketinggian sekurang-kurangnya 200 m. Syarat WDI pada pasal 4.1.6 bahwa kain indikator arah angin harus berwarna merah/putih atau orange, dan pasal 4.1.7 untuk pengoperasian malam hari WDI harus diberikan lampu penerangan. Dengan begitu digunakan WDI dengan ukuran panjang 1,2 meter, diameter awal 0,3 m, dan diameter akhir 0,15 m.

2. Sistem Penerangan

Untuk mengantisipasi pengoperasian malam hari karena kantor Polda termasuk pelayanan 24 jam penuh, maka diperlukan sistem penerangan untuk membantu pilot mengidentifikasi tempat pendaratan.

a. *Beacon* (suar)

Lampu suar diperlukan sebagai identifikasi keberadaan landasan helikopter, untuk memberikan panduan visual dari arah jarak jauh. Ditempatkan didekat dengan landasan helikopter itu sendiri.

b. *Flood lights* (lampu tembak)

Penempatan lampu tembak dapat di sisi-sisi landasan untuk memberikan informasi visual kepada pilot apakah terdapat suatu rintangan di landasan itu sendiri.

c. *FATO lights*

Lampu yang memiliki fokus penerangan pada area pendaratan helikopter, berfungsi sebagai penunjuk marka H pada malam hari. Memiliki jarak pemasangan tidak kurang dari 5 m.

d. *TLOF lights*

Penempatan lampu TLOF ini berada di sisi-sisi pinggir dari landasan helikopter, agar pilot mengetahui batasan dari tepi-tepi landasan itu sendiri. Memiliki jarak pemasangan tidak kurang dari 3 m.

e. *Windshock lights*

Fungsi lampu ini untuk menerangi indikator angin sehingga WDI dapat dilihat jelas oleh pilot.

3. Marka

Marka adalah suatu tanda (lambang) yang berfungsi sebagai penyampaian informasi saat pengoperasian landasan helikopter. Berikut ini macam-macam marka yang digunakan.

a. *TLOF Marking*

Marka sebagai batasan dimensi TLOF berwarna putih sepanjang TLOF dengan ukuran lebar 30 cm.

b. *Touchdown Marking*

Marka ini ditempatkan ditengah-tengah FATO berbentuk lingkaran dengan lebar 1 m dan diameter 0,5 D dari helikopter terbesar yang dilayani.

c. *Helipad Name Marking*

Marka ini digunakan dengan fungsi identifikasi nama landasan helikopter itu sendiri, dalam perencanaan ini diberi nama sesuai dengan instansi terkait yaitu "POLDA D.I.YOGYAKARTA".

d. *Flight Path Alignment Marking*

Marka ini berfungsi sebagai pemberi informasi arah pendekatan dan keberangkatan helikopter dilengkapi dengan penerangan.

e. *D-Value Marking*

Marka yang berisi informasi mengenai daya dukung maksimal terhadap berat total suatu helikopter sebesar 8,6 ton dan dimensi dari landasan 18,8 meter.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis yang telah diuraikan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pelat yang digunakan pada bangunan ini memiliki 3 tipe dengan tulangan sebagai berikut :
 - a. Pelat Atap merupakan pelat 2 arah dengan tulangan pokok D10-250 dan tulangan susut D8-250
 - b. Pelat Lantai dan *Helipad* merupakan pelat 2 arah dengan tulangan pokok D10-200 dan tulangan susut D8-200
 - c. Pelat *Helipad* dengan tipe kantilever merupakan pelat 1 arah dengan tulangan pokok D10-200 dan tulangan susut D8-200
2. Balok yang digunakan pada bangunan ini memiliki 2 tipe balok induk, 2 tipe balok anak, 2 tipe balok kantilever, 1 tipe balok bordes, dan 2 tipe balok sloof sebagai berikut :
 - a. Balok Induk tipe B1 memiliki dimensi 300 x 600 mm dengan tulangan pokok tarik 8 D19, tekan 4 D19, tulangan susut 4 D13, tulangan sengkang 1,5P12-100 pada daerah tumpuan, dan 1,5P12-150 pada daerah lapangan.
 - b. Balok Induk tipe B3 memiliki dimensi 150 x 300 mm dengan tulangan pokok tarik 4 D13, tekan 2 D13, tulangan sengkang P10-100 pada daerah tumpuan, dan P10-120 pada daerah lapangan.
 - c. Balok anak B2A memiliki dimensi 240 x 400 mm dengan tulangan pokok tarik 4 D13, tekan 2 D13, tulangan susut 2 D13, tulangan sengkang P10-100 pada daerah tumpuan, dan P10-150 pada daerah lapangan.
 - d. Balok anak B2B memiliki dimensi 150 x 250 mm dengan tulangan pokok tarik 2 D13, tekan 2 D13, tulangan sengkang P10-100 pada daerah tumpuan maupun daerah lapangan.

- e. Balok Kantilever BK1 memiliki dimensi 300 x 600 mm dengan tulangan pokok tarik 8 D19, tekan 4 D19, tulangan susut 4 D13, tulangan sengkang P12-100 pada daerah tumpuan, dan P12-150 pada daerah lapangan.
 - f. Balok Kantilever BK2 memiliki dimensi 250 x 500 mm dengan tulangan pokok tarik 6 D19, tekan 3 D19, tulangan sengkang P12-100 pada daerah tumpuan, dan P12-100 pada daerah lapangan.
 - g. Balok Bordes memiliki dimensi 150 x 250 mm dengan tulangan pokok tarik 2 D13, tekan 2 D13, tulangan sengkang P10-100 pada daerah tumpuan, dan P10-150 pada daerah lapangan.
 - h. Balok Sloof S1 memiliki dimensi 200 x 400 mm dengan tulangan pokok tarik 2 D19, tekan 2 D19, tulangan sengkang D10-75 pada daerah tumpuan, dan D10-150 pada daerah lapangan.
 - i. Balok Sloof S2 memiliki dimensi 150 x 200 mm dengan tulangan pokok tarik 2 D19, tekan 2D 19, tulangan sengkang D10-75 pada daerah tumpuan, dan D10-150 pada daerah lapangan.
3. Kolom yang digunakan pada bangunan ini memiliki 2 tipe dengan tulangan sebagai berikut :
- a. Kolom K1 memiliki dimensi 600 x 600 mm dengan tulangan sebagai berikut
 - 1) Lantai 1 : Tulangan pokok 20 D29, tulangan sengkang 2P12-100 pada daerah tumpuan, dan P12-150 pada daerah lapangan.
 - 2) Lantai 2-3 : Tulangan pokok 20 D25, tulangan sengkang P12-100 pada daerah tumpuan, dan P12-150 pada daerah lapangan.
 - 3) Lantai 4 : Tulangan pokok 20 D22, tulangan sengkang P12-100 pada daerah tumpuan, dan P12-150 pada daerah lapangan.
 - b. Kolom K2 memiliki dimensi 400 x 400 mm dengan tulangan sebagai berikut
 - 1) Lantai 1 : Tulangan pokok 12 D25, tulangan sengkang 1,5D13-100 pada daerah tumpuan, dan D13-150 pada daerah lapangan.
 - 2) Lantai 2-4 : Tulangan pokok 12 D25, tulangan sengkang P12-100 pada daerah tumpuan, dan P12-150 pada daerah lapangan.
4. Pondasi tiang pancang yang digunakan pada bangunan ini memiliki 2 tipe mengikuti tipe kolom yang ada yaitu sebagai berikut :

- a. Pondasi P1 memiliki dimensi 2500 x 2500 mm dengan tebal 1500 mm, tulangan pokok arah X dan Y menggunakan D25-90.
 - b. Pondasi P2 memiliki dimensi 2000 x 2000 mm dengan tebal 1000 mm, tulangan pokok arah X dan Y menggunakan D25-100.
5. Dimensi landasan helikopter telah memenuhi persyaratan keamanan penerbangan, sehingga diijinkan bagi helikopter yang memiliki dimensi panjang maksimum 18,8 meter dengan berat isi maksimum 8,6 ton.

6.2 Saran

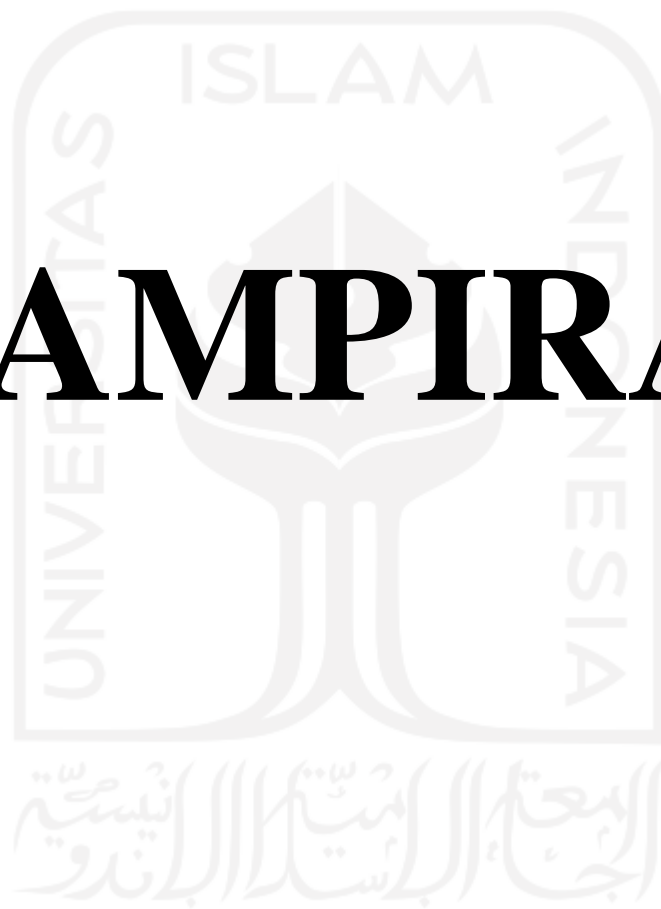
Berdasarkan hasil dari perencanaan yang telah dilakukan, didapatkan penulangan-penulangan pada komponen struktur atas maupun bawah yang memenuhi syarat dari pedoman SNI sehingga dapat dinyatakan aman. Saran untuk perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Dalam merencanakan landasan helikopter *elevated* yang lebih besar kedepannya diperlukan luasan lahan untuk landasan sebesar 1,5 kali panjang total dari helikopter terlebih dahulu.
2. Dalam perencanaan ini tidak mengindahkan segi keindahan bangunan, ada baiknya sebelum melakukan desain suatu bangunan gedung dilakukan desain arsitekturalnya terlebih dahulu.
3. Untuk menambah kekakuan struktur balok anak dapat direncanakan mengikuti arah X dan arah Y dari geometri bangunan

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N. A. 2014. Perencanaan Gedung Sekolah 4 Lantai (1 Basement) dengan Prinsip Daktail Penuh di Daerah Sukoharjo. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. SNI 1726:2012. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. SNI 1727:2013. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. SNI 2847:2013. Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung*. SKBI - 1.3.53.1987. Indonesia.
- Kusuma, G.H., dan Andriono, T. 1993. *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara. 2015. *Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil - Bagian 139 (Manual of Standard CASR - Part 139) Volume II Tempat Pendaratan dan Lepas Landas Helikopter (Heliports)*. Indonesia.
- Putra, C. B. dan Wuryanto. 2002. Perencanaan Struktur Gedung Ruang Kuliah dan Kantor Fakultas Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan Daktilitas Penuh dan Terbatas. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sutehno, W. 2014. Perencanaan Konstruksi Struktur Atas serta Struktur *Helipad* pada Bangunan Rumah Sakit R. K. Charitas Palembang, *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sriwijaya. Palembang.

LAMPIRAN





BOR LOG

CLIENT:	PROJECT TITLE	: Hotel Platinum Adi Sucipto
PROJECT CONTRACT NUMBER:	PROJECT LOCATION	: Jl. Adi Sucipto, Yogyakarta
DATE STARTED: 22 Oktober 2014	GROUND ELEVATION	: - 0,80 m from road level
DATE COMPLETED : 22 Oktober 2014	HOLE SIZE	: 7.295cm
DRILLING CONTRACTOR: SOIL MECH. LAB. UAJY	GROUND WATER LEVEL	: - 7,50 m from ground level
DRILLING METHOD: ROTARY SPINDLE, SKID MOUNTED TYPE	WEATHER CONDITION	: FINE
LOGGED BY: Mukarob, CS.	ESTIMATED SEASONAL HIGH	: -
CHECKED BY: SOIL MECH. LAB, UAJY		

Depth (m)	Graph Log	Material Description (field observations)	Contact Depth (m)	Sample Number	Blow Counts (N Value)				Water Level Elevation (m)	SPT Value	
					N1	N2	N3	N ₆₀			
1	[Pattern]	Pasir sedang (coklat, abu-abu)	6						-7.50	0	
2					2	3	3	6		1	
3											2
4					2	3	4	7		3	
5											4
6					3	8	9	17		5	
7	[Pattern]	Pasir kasar (coklat, hitam)	5						-7.50	6	
8					4	9	9	18		7	
9											8
10					3	7	7	14		9	
11											10
12	[Pattern]	Pasir sedang (coklat, hitam)	3	I	2	3	3	6	-7.50	11	
13											12
14					4	6	8	14		13	
15	[Pattern]	Pasir kasar (coklat, hitam)	4						-7.50	14	
16					4	7	9	16		15	
17											16
18					12	23	37	60		17	
19	[Pattern]	Pasir (coklat, abu-abu)	5						-7.50	18	
20					14	24	36	60		19	
21											20
22					12	21	31	52		21	
23										22	
24	[Pattern]	Pasir (coklat, abu-abu)	2	II	13	23	30	53	-7.50	23	
25											24
26					13	22	33	55		25	
27	[Pattern]	Pasir kasar (coklat, abu-abu)	5						-7.50	26	
28					12	21	35	56		27	
29											28
30					12	24	34	58		29	
30										30	

Catatan: Pada pengamatan di lapangan, lanau bisa tampak seperti pasir halus atau pasir sangat halus

PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Pretension Spun Piles Prestressed Concrete Post Tension Spun Piles (Cylinder Piles) Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile) Inner Boring System

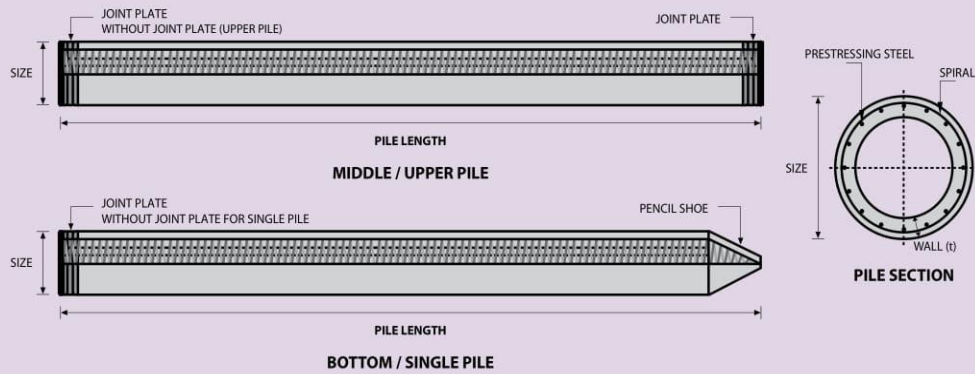
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
Manufacturing	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
	WB - PCP - PS - 05 WB - PCP - PS - 16	Production Manufacturing Procedure Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJT5 40 (Deformed) Steel Class : BJT24 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES SPECIFICATION

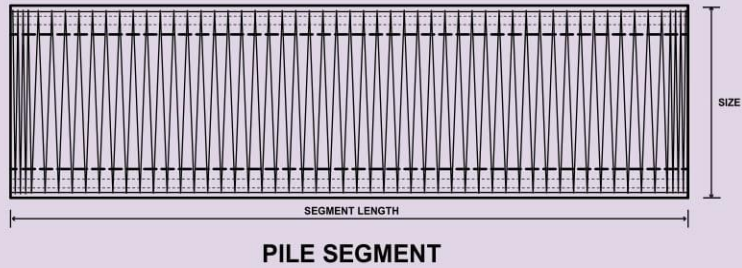
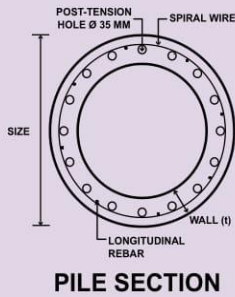
Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE POST TENSION SPUN PILES (CYLINDER PILES)



PRESTRESSED CONCRETE POST TENSION SPUN PILES (CYLINDER PILES) SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t) (mm)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (ton/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Cylinder Pile Length (m) Single / Double*
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
800	120	2,563	1,527,869	0,64	A	40	65	410	24 / 36
					B	55	80	390	24 / 36
					C	65	120	370	30 / 42
					D	75	130	355	30 / 42
1000	140	3,782	3,589,571	0,96	A	75	110	600	24 / 36
					B	105	175	560	30 / 42
					C	120	220	550	30 / 48
					D	135	245	530	36 / 48
1200	150	4,948	6,958,136	1,24	A	120	140	800	30 / 48
					B	170	270	745	36 / 48
					C	200	310	710	36 / 54
					D	210	320	700	42 / 54
1500	170	7,103	15,962,533	1,78	A	220	265	1140	30 / 48
					B	300	440	1080	36 / 54
					C	340	520	1040	42 / 60
1800	200	10,053	32,672,563	2,51	A	370	425	1630	36 / 48
					B	470	650	1580	36 / 54
					C	520	770	1520	42 / 60
2000	200	11,309	46,369,907	2,83	A	480	535	1830	35 / 55
					B	590	790	1770	40 / 60
					C	670	965	1720	45 / 65

*) Number of Pile Lifting Position on Handling Process for Pile Driving.

Case 1 = Single Lifting Point Position : Minimum $1/8 L$ from end of Pile.

Case 2 = Double Lifting Point Position : First Point Minimum $2m$ from end of Pile.

(using Pulley)

Second Point Minimum $1/3 L$ from end of Pile.

PRODUCTION, PILE ASSEMBLING AND DISTRIBUTION PROCESS



Stockyard Facility



Post-tensioning



Cylinder Pile Distribution

LAMPIRAN

GAMBAR

DETAIL STRUKTUR

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK PAPAN KECUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAY BE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN
----	-----------------	------------------------	---------------

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung
Kantor dengan Landasan
Helikopter pada
Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME
CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER
15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT
TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS
COVER

SKALA
SCALE
-

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER DOC-001
PERENCANA DESIGNER	15511108	
TANGGAL DATE	-	
DIPERIKSA CHECKED	-	
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN
FILE	-	PLOTTING DATE

18. Kodefikasi balok dan kolom lantai 1-3
19. Kodefikasi balok dan kolom lantai 4
20. Kodefikasi pondasi dan sloof
21. Penulangan portal arah X
22. Penulangan portal arah Y
23. Penulangan pelat lantai 2-4
24. Penulangan pelat atap dan *helipad*
25. Detail balok dan sloof
26. Detail kolom
27. Detail pondasi
28. Detail tangga lantai 1
29. Detail tangga lantai 2-3
30. Detail pelat lantai
31. Detail pelat atap
32. Detail pelat landasan helikopter
33. Detail sambungan balok kolom
34. Perspektif 3 Dimensi

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEUALI DENGAN PERSetujuan TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

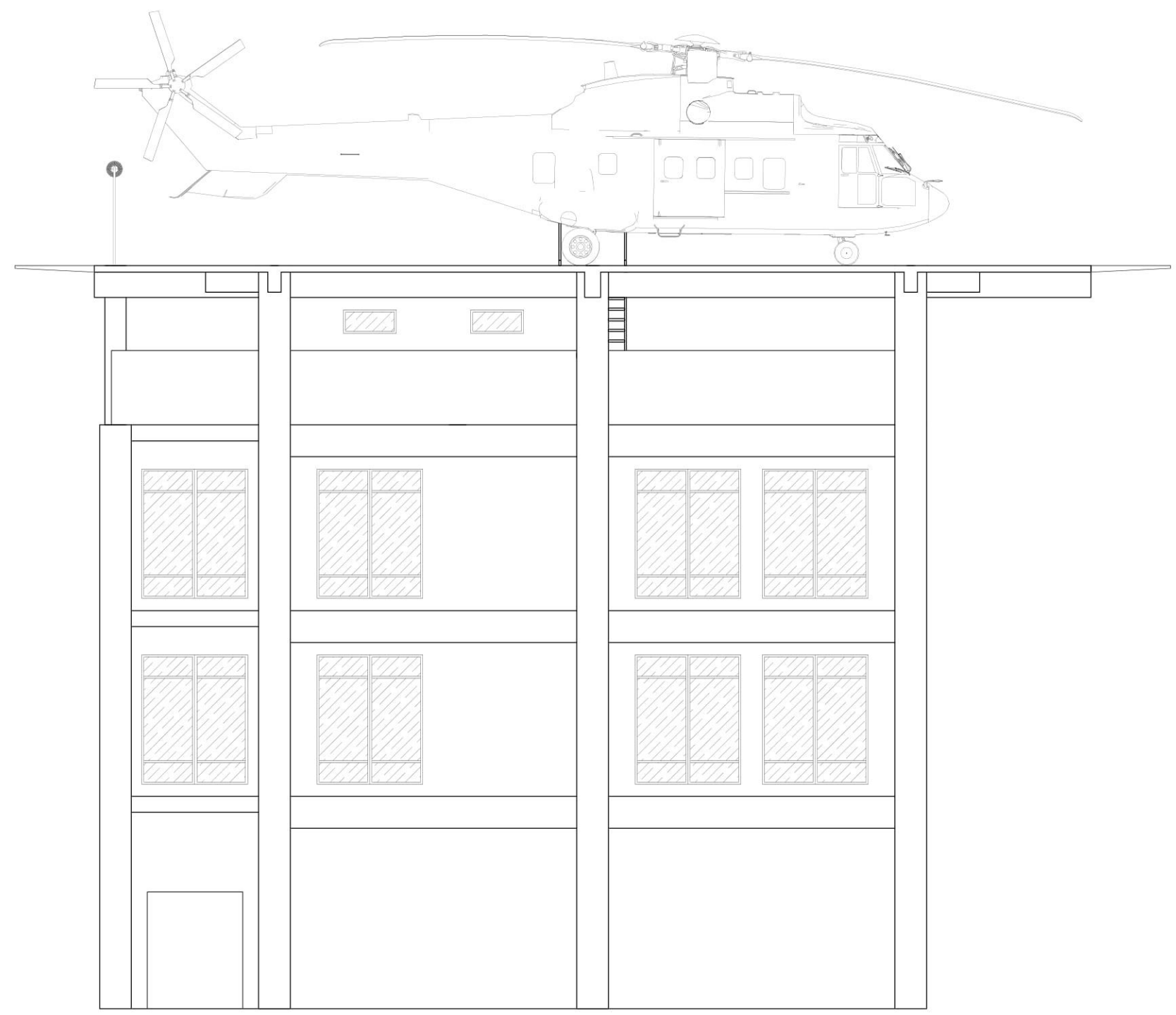
GAMBAR
DRAWINGS

CONTENTS

SKALA
SCALE

-

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	DOC-003
PERENCANA DESIGNER	15511108		
TANGGAL DATE	-		
DIPERIKSA CHECKED	-		
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION	
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN	
FILE	-	PLOTTING DATE	-



TAMPAK
SAMPING (SELATAN)
1:100

NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN
----	-----------------	------------------------	---------------

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

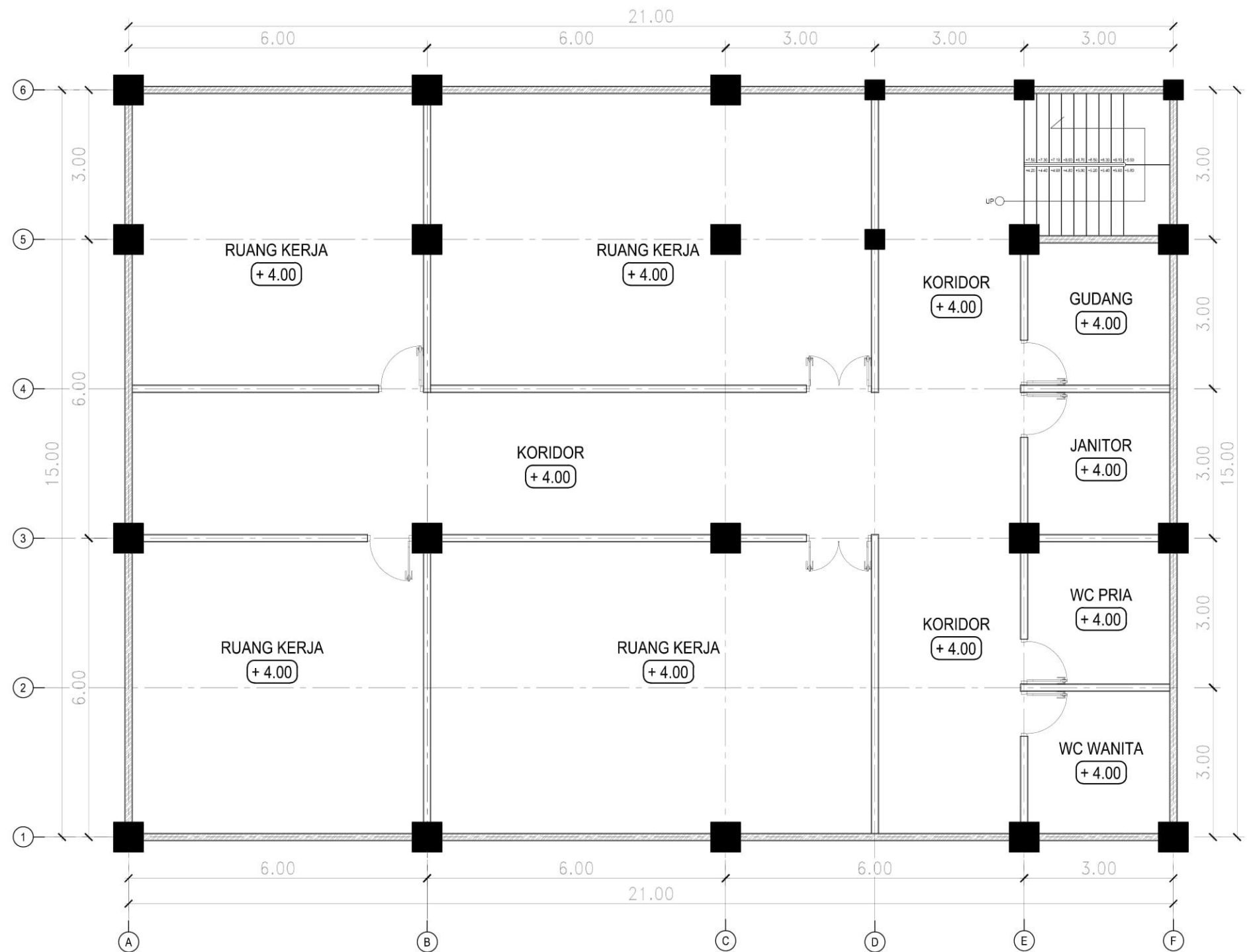
GAMBAR
DRAWINGS

FACADE

SKALA
SCALE

1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	FCD-003
PERENCANA DESIGNER	15511108		
TANGGAL DATE	-		
DIPERIKSA CHECKED	-		
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION	
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN	
FILE		PLOTTING DATE	



DENAH
LANTAI 2
1:100

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEJUJALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.
COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEUREMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung
Kantor dengan Landasan
Helikopter pada
Kepolisian Daerah
Provinsi D.I. Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

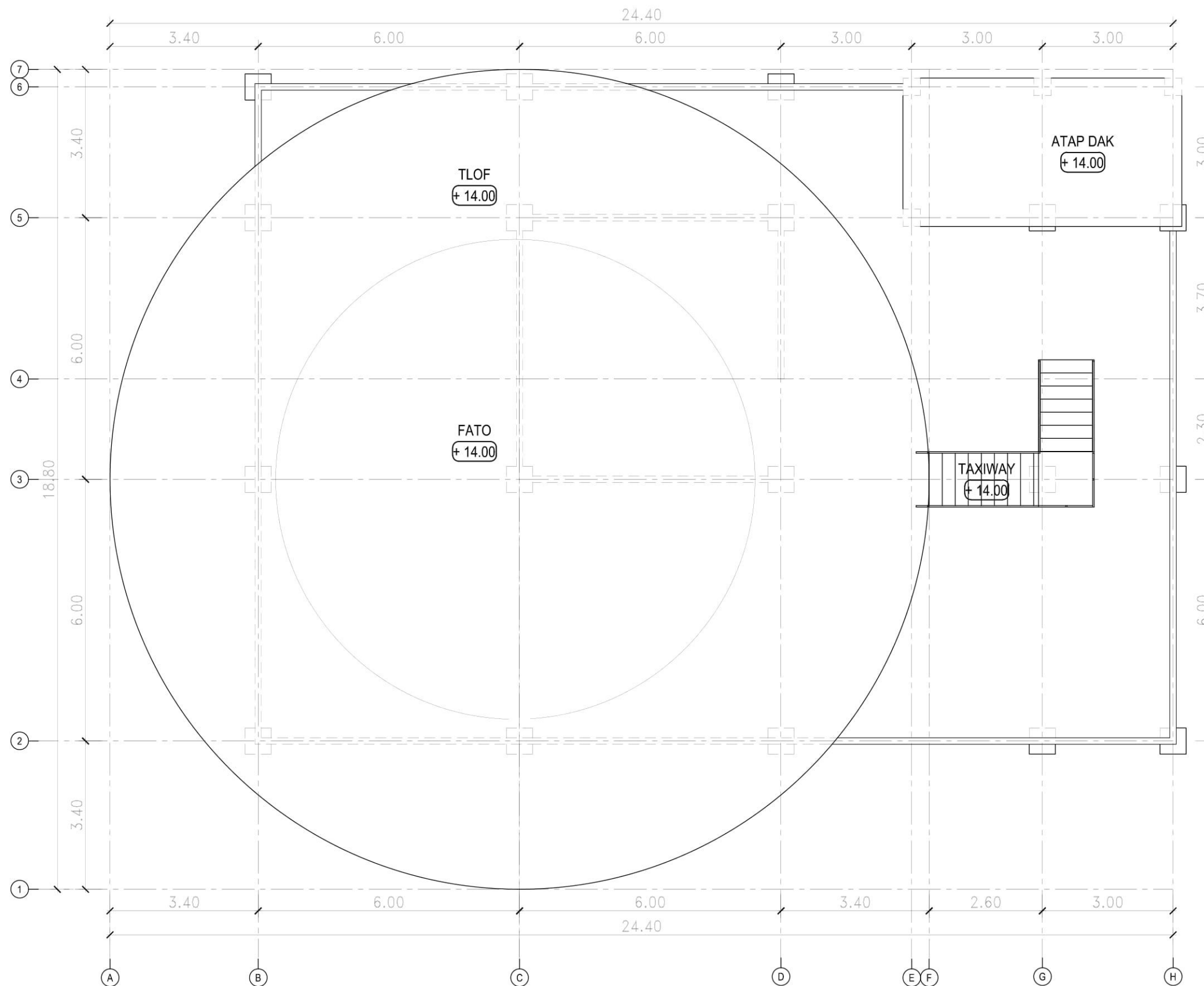
GAMBAR
DRAWINGS

FLOOR PLAN

SKALA
SCALE

1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	FP-002
PERENCANA DESIGNER	15511108		
TANGGAL DATE	-		
DIPERIKSA CHECKED	-		
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION	
NAMA NAME		TTD SIGN	
Ir. SUHARYATMA, M.T.			
FILE		PLOTTING DATE	



**DENAH
HELIPAD**
1:100

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEJUJUAN DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAY BE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung
Kantor dengan Landasan
Helikopter pada
Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS

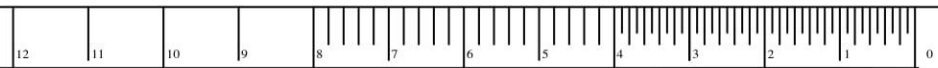
FLOOR PLAN

SKALA
SCALE

1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	FP-005
PERENCANA DESIGNER	15511108		

TANGGAL DATE	-	REVISI REVISION	
DIPERIKSA CHECKED	-	NAMA NAME	TTD SIGN
DISETUJUI APPROVED	-	Ir. SUHARYATMA, M.T.	
FILE	-	PLOTING DATE	



HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KECUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAY BE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME
CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDIK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER
15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT
TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS
DETAIL

SKALA
SCALE
1:100

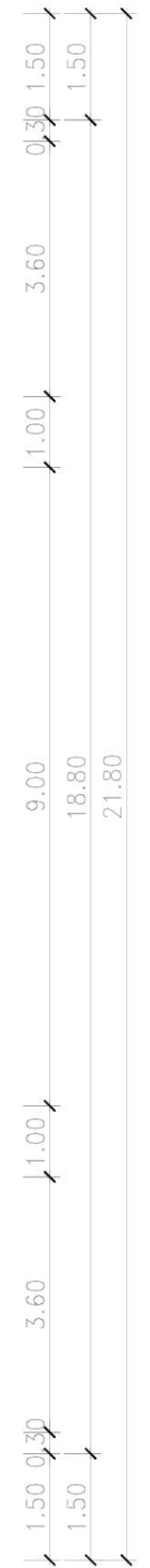
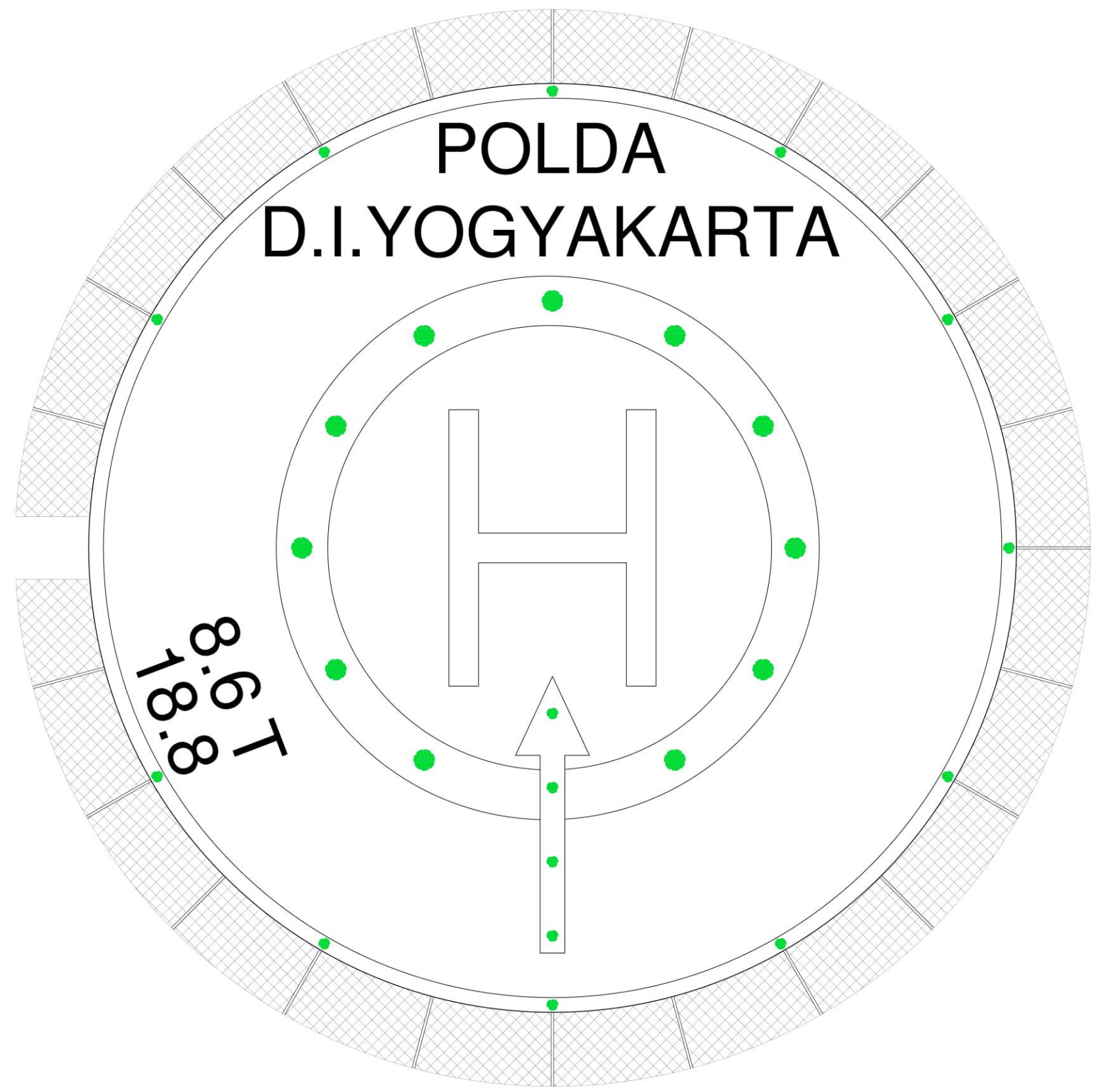
DIGAMBAR
DRAWN 15511108
PERENCANA
DESIGNER 15511108
DTL-001

TANGGAL
DATE
DIPERIKSA
CHECKED

DISETUJUI
APPROVED REVISI
REVISION

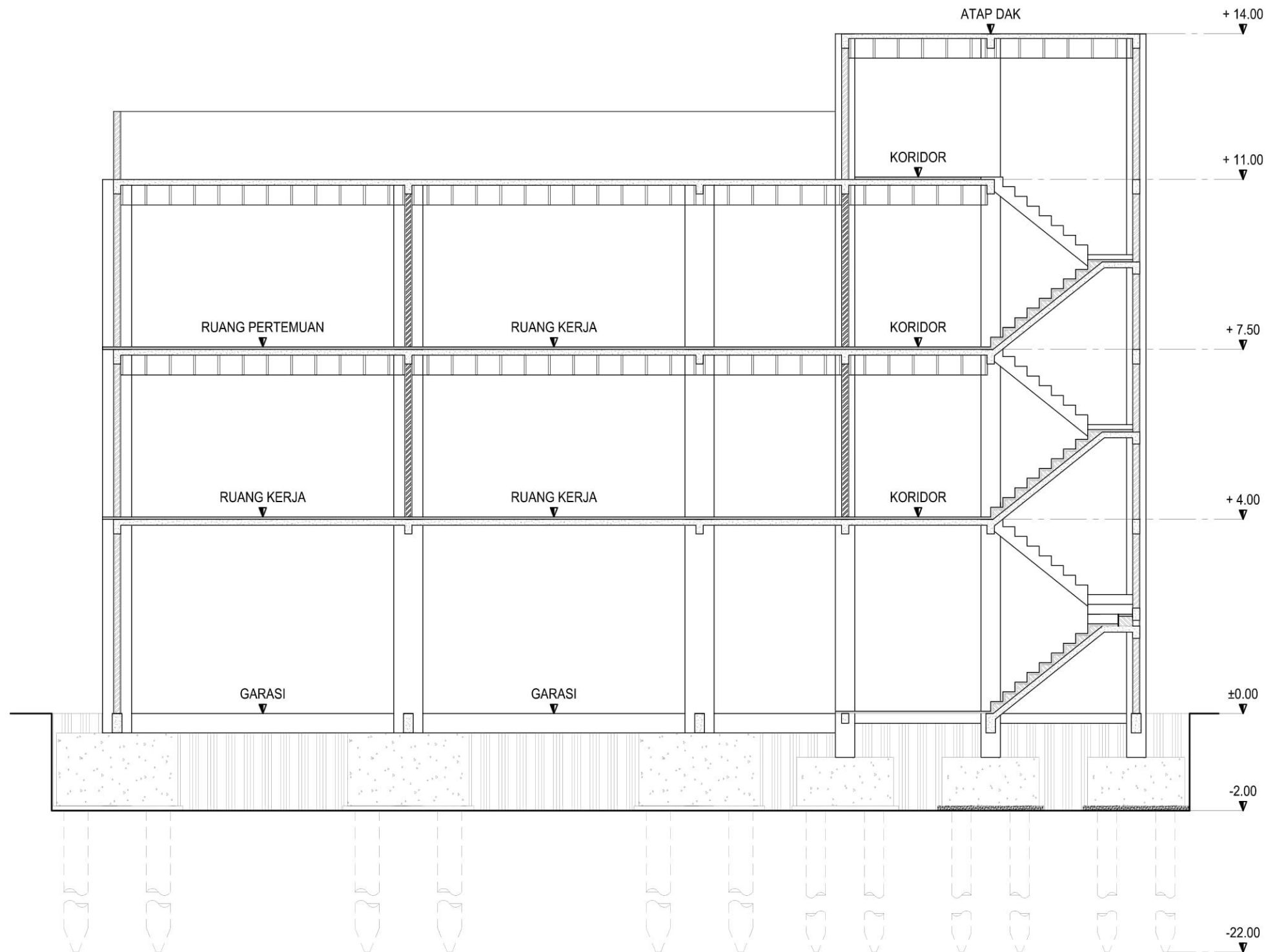
NAMA
NAME TTD
SIGN
Ir. SUHARYATMA, M.T.

FILE PLOTTING DATE



LANDASAN HELIKOPTER
1:100





POTONGAN A - A
1:100

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEKUAI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEDEMMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung
Kantor dengan Landasan
Helikopter pada
Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME
CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER
15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT
TEKNIK SIPIL

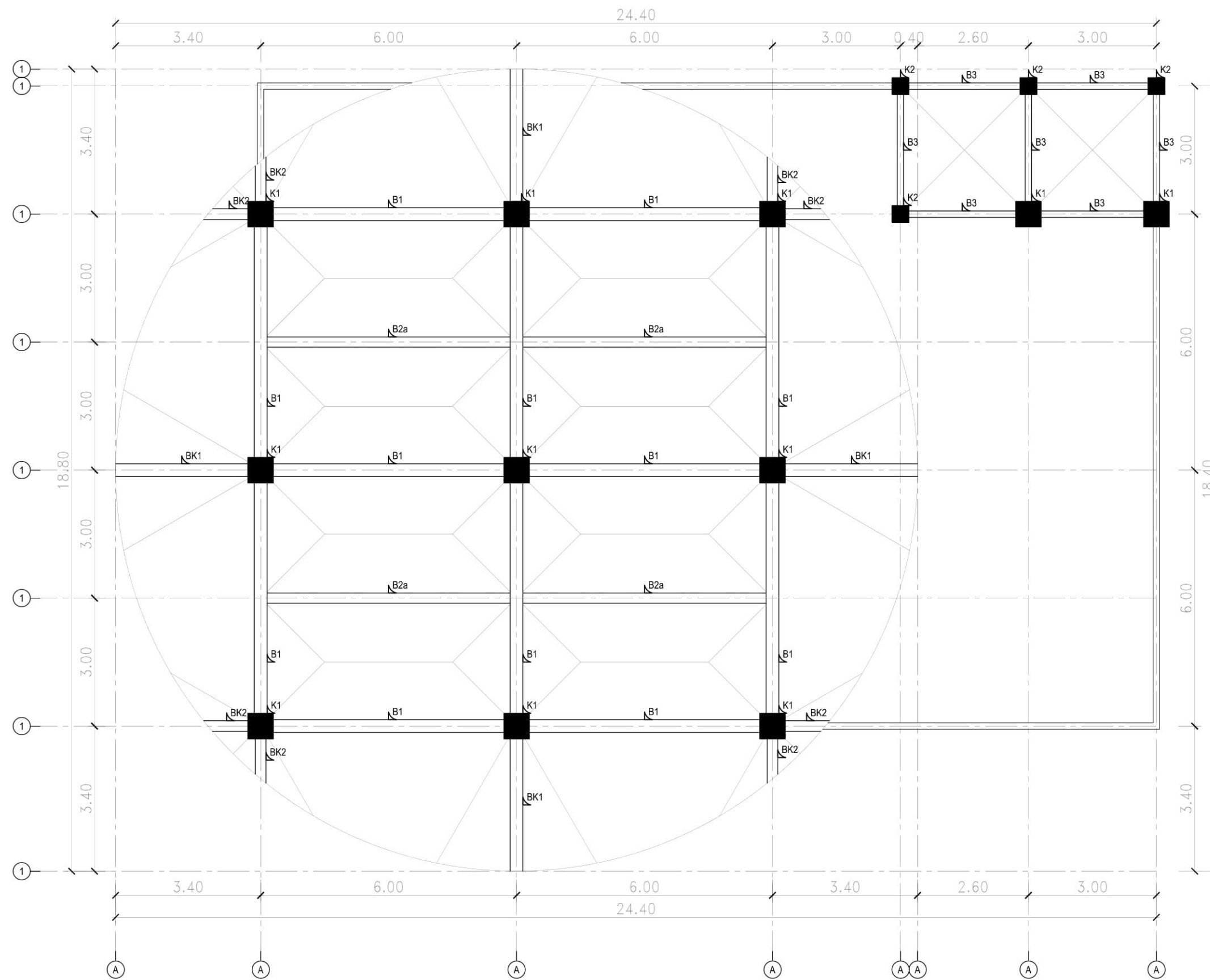
GAMBAR
DRAWINGS
STRUCTURE

SKALA
SCALE
1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	STR-001
PERENCANA DESIGNER	15511108		
TANGGAL DATE	-		
DIPERIKSA CHECKED	-		
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION	

NAMA NAME	TTD SIGN
Ir. SUHARYATMA, M.T.	

FILE - PLOTTING DATE



KODEFIKASI BALOK DAN KOLOM
LANTAI 4
 1:100

HAK CIPTA
 DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
 BENTUK APAPUN KECUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
 DARI PERENCANA.
 COPYRIGHT
 NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
 OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
 WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEENDMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
 UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung dengan
 Landasan Helikopter pada
 Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
 Provinsi D.I.Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
 STUDENT'S NAME
 CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDIK MAHASISWA
 STUDENT'S NUMBER
 15511108

PROGRAM STUDI
 DEPARTMENT
 TEKNIK SIPIL

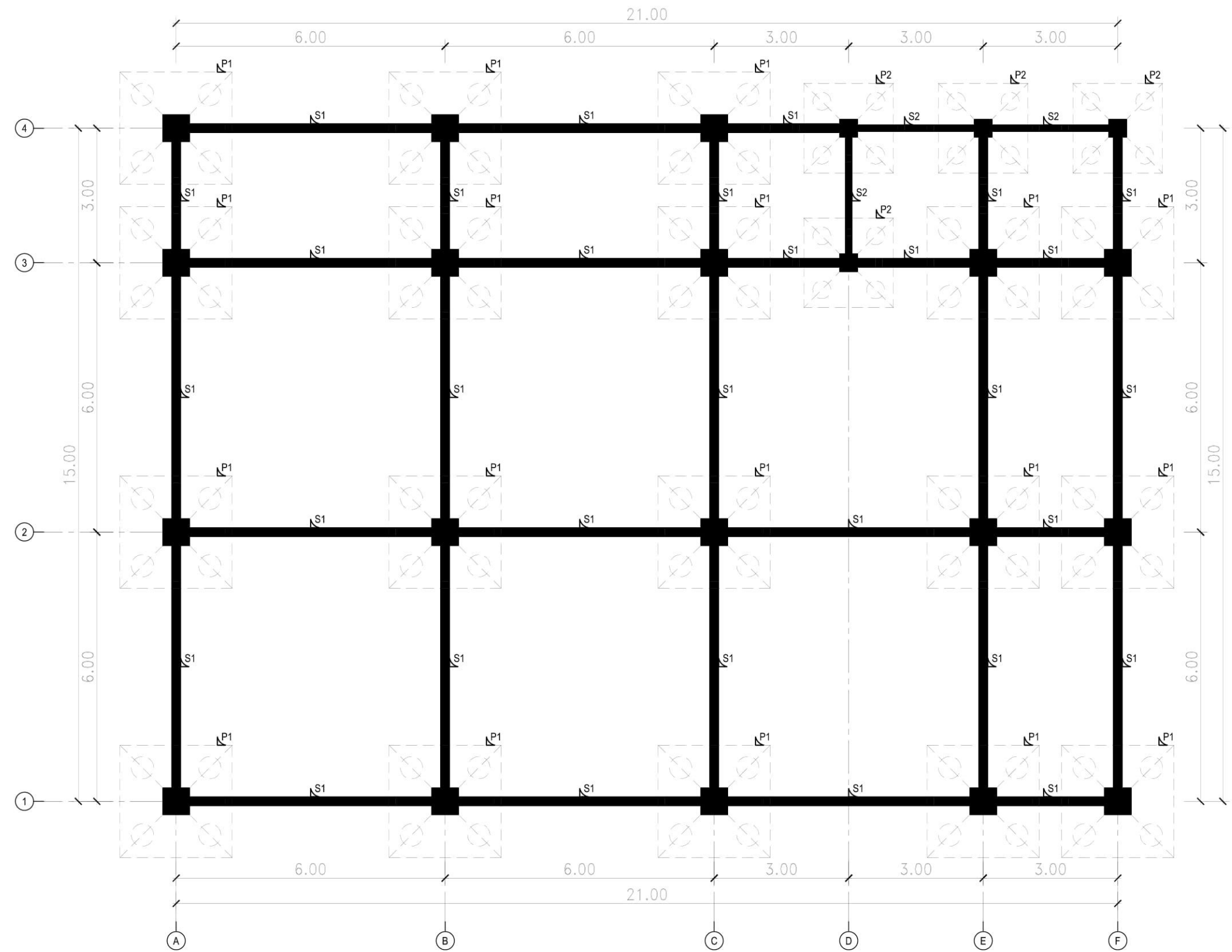
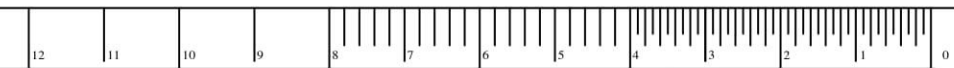
GAMBAR
 DRAWINGS
STRUCTURE

SKALA
 SCALE
 1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	STR-004
PERENCANA DESIGNER	15511108		

TANGGAL DATE		REVISI REVISION			
DIPERIKSA CHECKED					
DISETUJUI APPROVED		TTD SIGN			
NAMA NAME Ir. SUHARYATMA, M.T.					

FILE - PLOTTING DATE -



KODEFIKASI
PONDASI DAN SLOOF
1:100

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEUREMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung
Kantor dengan Landasan
Helikopter pada
Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDIK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS

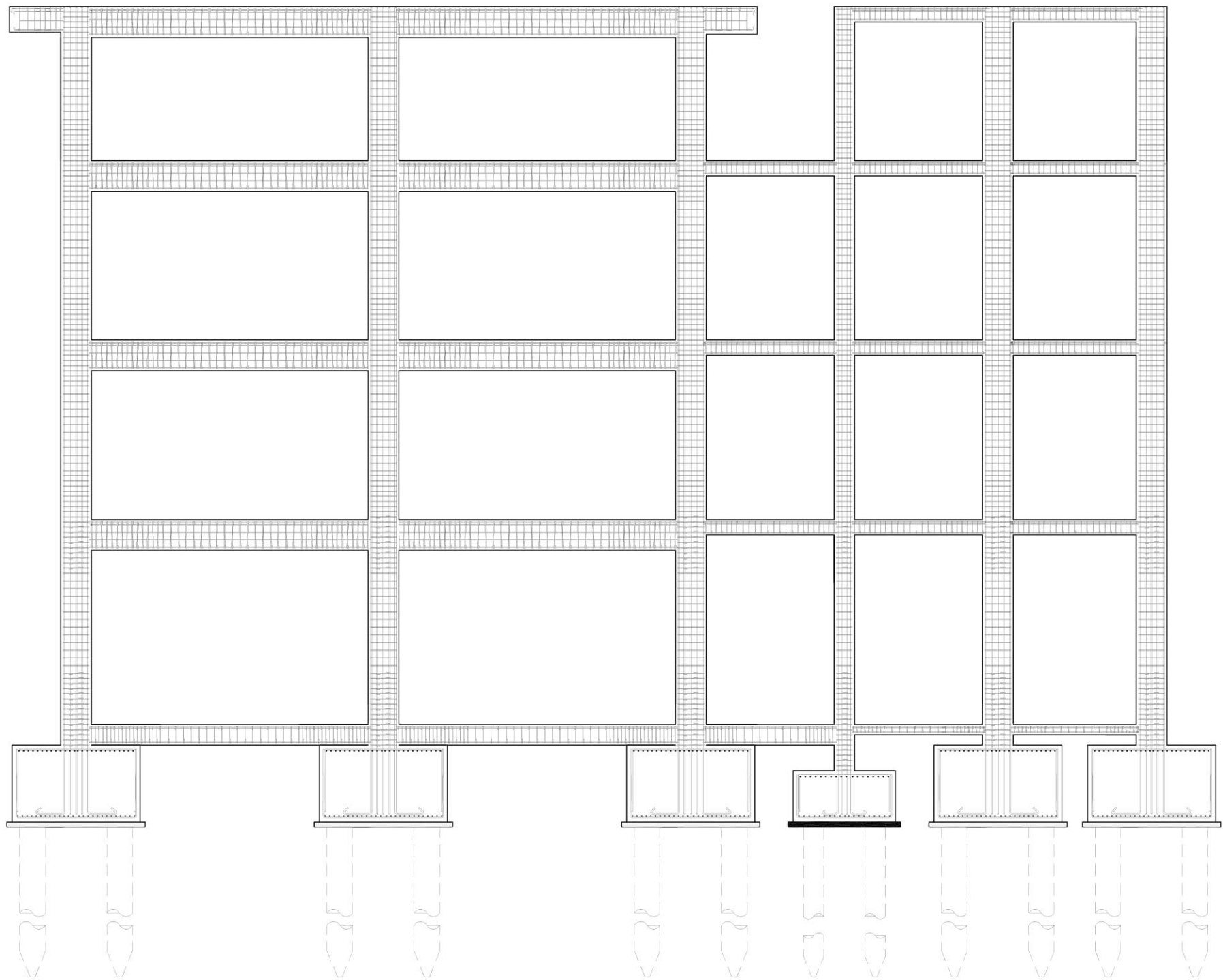
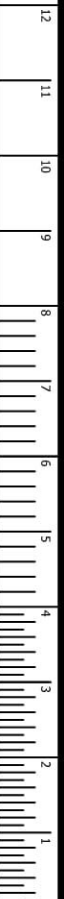
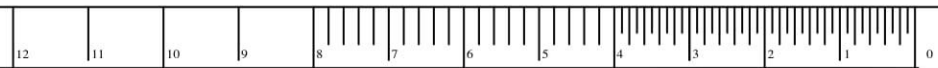
STRUCTURE

SKALA
SCALE

1:100

DIGAMBAR DRAWN 15511108	NOMOR NUMBER
PERENCANA DESIGNER 15511108	STR-005
TANGGAL DATE	
DIPERIKSA CHECKED	
DISETUJUI APPROVED	REVISI REVISION
NAMA NAME Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN
FILE	
	PLOTTING DATE





PENULANGAN
PORTAL ARAH X
1:100



HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KECUALI DENGAN PERSetujuan TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS

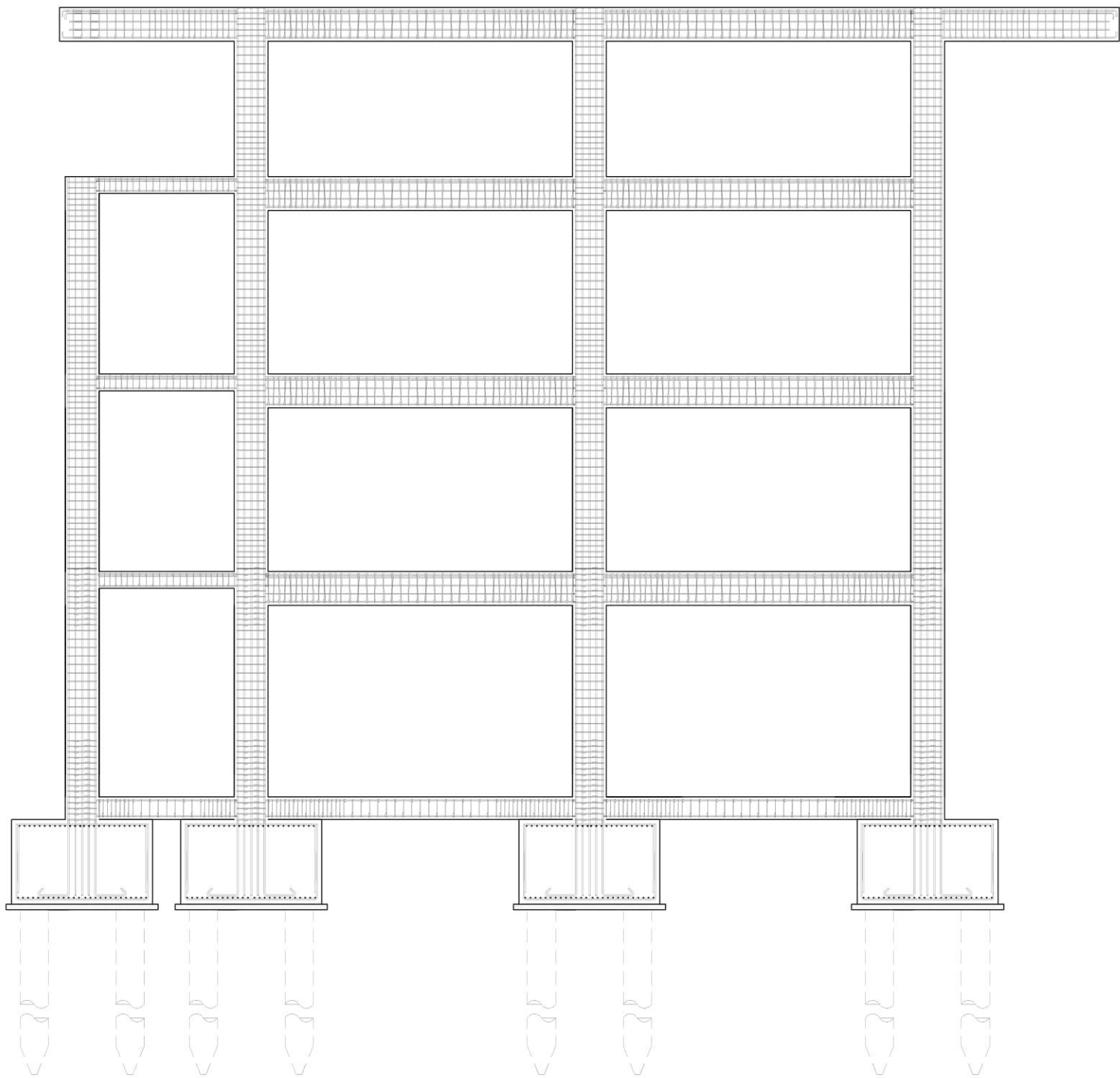
STRUCTURE

SKALA
SCALE

1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	STR-006
PERENCANA DESIGNER	15511108		
TANGGAL DATE	-		
DIPERIKSA CHECKED	-		
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION	
NAMA NAME		TTD SIGN	
Ir. SUHARYATMA, M.T.			
FILE		PLOTTING DATE	





PENULANGAN PORTAL ARAH Y
1:100

HAK CIPTA DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM BENTUK APAPUN KECUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS DARI PERENCANA.

COPYRIGHT NO PART OF THIS DOCUMENT MAY BE REPRODUCED, TRANSMITTED OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEUREMENT	PARAF SIGN
----	--------------	----------------------	------------

TUGAS AKHIR UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan Landasan Helikopter pada Wilayah Kantor Kepolisian Daerah Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA STUDENT'S NAME
CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA STUDENT'S NUMBER
15511108

PROGRAM STUDI DEPARTMENT
TEKNIK SIPIL

GAMBAR DRAWINGS
STRUCTURE

SKALA SCALE
1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	
PERENCANA DESIGNER	15511108		STR-007
TANGGAL DATE	-		
DIPERIKSA CHECKED	-		
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION	
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN	
FILE		PLOTING DATE	

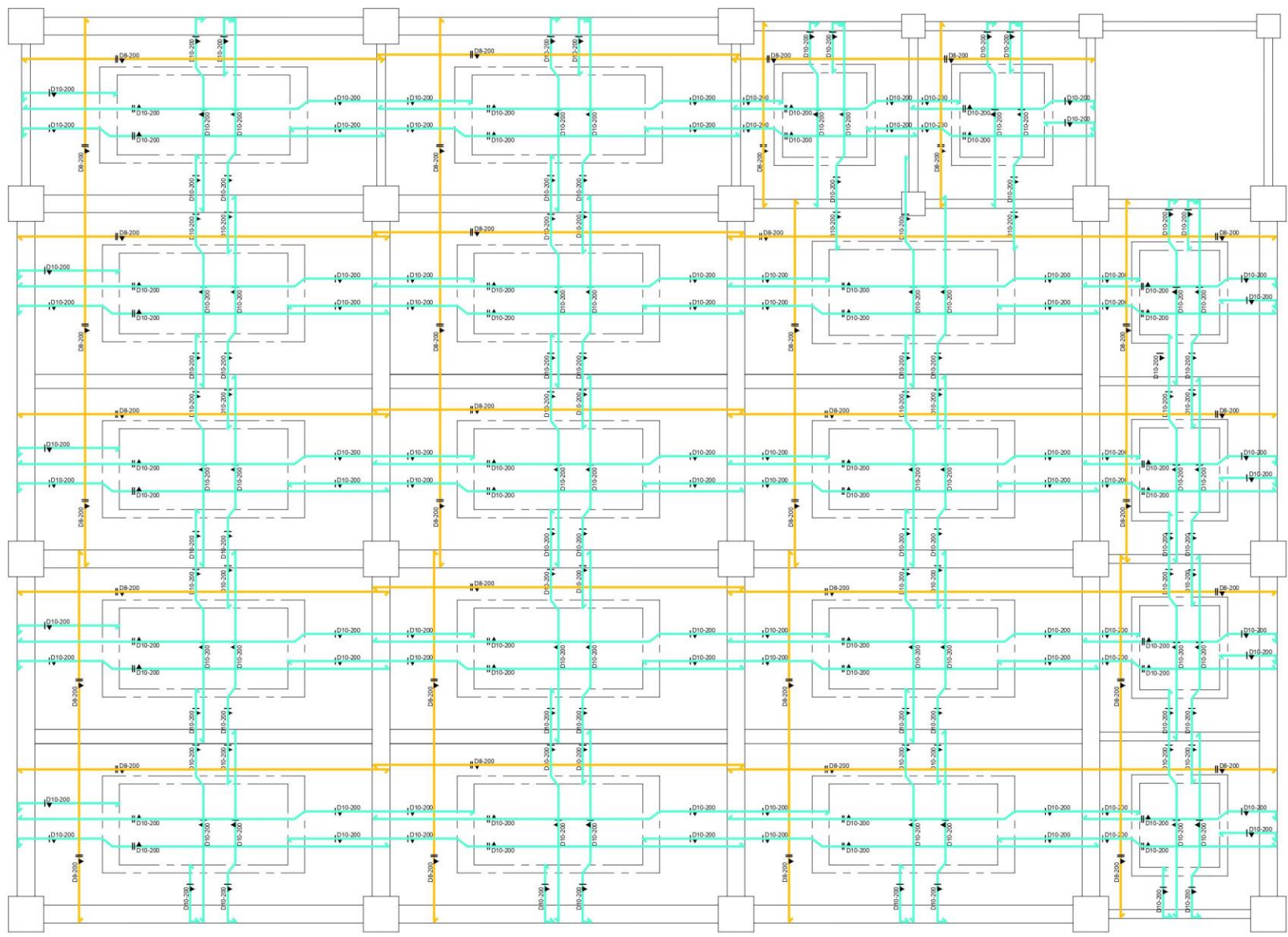
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



PENULANGAN
PELAT LANTAI 2-4
1:100

NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEUMENDMENT	PARAF SIGN
----	--------------	------------------------	------------

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME
CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER
15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT
TEKNIK SIPIL

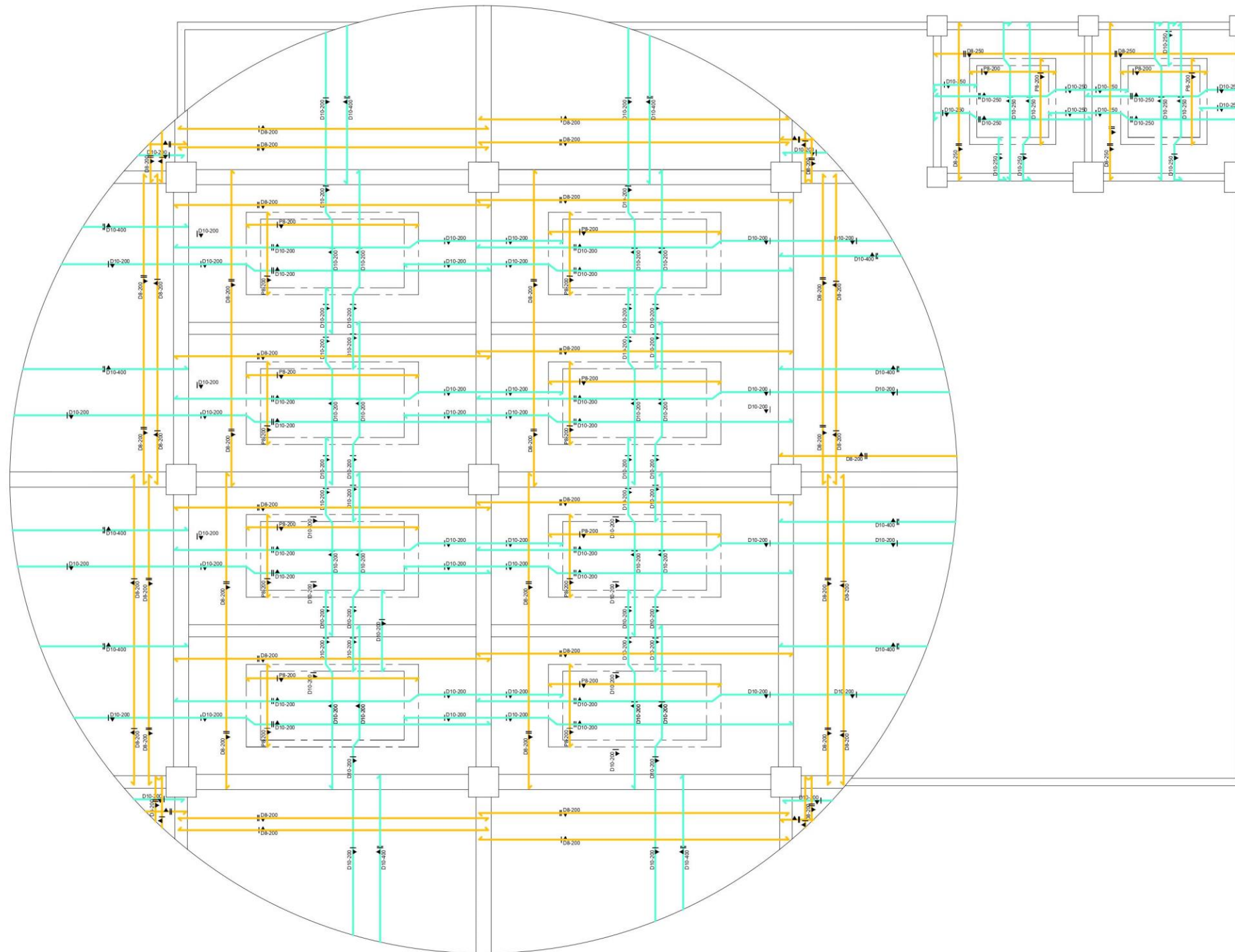
GAMBAR
DRAWINGS
STRUCTURE

SKALA
SCALE
1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER				
PERENCANA DESIGNER	15511108	STR-008				
TANGGAL DATE	-					
DIPERIKSA CHECKED	-					
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			
FILE	-	PLOTTING DATE	-			

12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



PENULANGAN
PELAT ATAP DAN HELIPAD
1:100

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

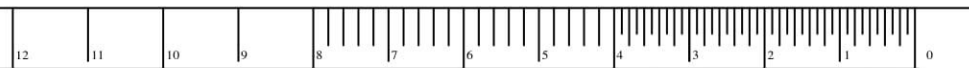
GAMBAR
DRAWINGS

STRUCTURE

SKALA
SCALE

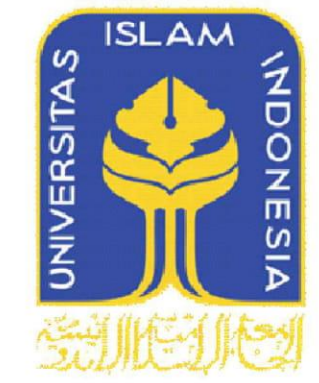
1:100

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	STR-009
PERENCANA DESIGNER	15511108	TANGGAL DATE	
DIPERIKSA CHECKED	-	DISETJUI APPROVED	REVISI REVISION
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN	
FILE		PLOTTING DATE	



HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



KOLOM LANTAI	KOLOM K1 LANTAI 1		KOLOM K1 LANTAI 2-3		KOLOM K1 LANTAI 4		
	TUMPUAN (POT.1)	LAPANGAN (POT.2)	TUMPUAN (POT.1)	LAPANGAN (POT.2)	TUMPUAN (POT.1)	LAPANGAN (POT.2)	
PENAMPANG							
	TUL. UTAMA	20 D29	20 D29	20 D25	20 D25	20 D19	20 D19
	SENGKANG	2P12 - 100	P12 - 150	P12 - 100	P12 - 150	P12 - 100	P12 - 150
	DIMENSI	600 X 600 mm		600 X 600 mm		600 X 600 mm	
KOLOM LANTAI	KOLOM K2 LANTAI 1		KOLOM K2 LANTAI 2-4		CATATAN SEMUA SATUAN DALAM MILIMETER KEUALI TERCANTUM YANG LAINNYA PADA GAMBAR SEBELUM DIKERJAKAN SEMUA UKURAN HARUS DIPERIKSA ANTARA GAMBAR ARSITEKTUR DENGAN GAMBAR STRUKTUR SERTA KONDISI DI LAPANGAN DAN APABILA ADA PERBEDAAN, KONTRAKTOR HARUS MELAPORKAN DAN DIKOORDINASIKAN KEPADA KONSULTAN PERENCANA BETON YANG BERHUBUNGAN DENGAN AIR DIBUAT KEDAP AIR DAN DIBERI WATER PROOFING		
	TUMPUAN (POT.1)	LAPANGAN (POT.2)	TUMPUAN (POT.1)	LAPANGAN (POT.2)			
PENAMPANG							
	TUL. UTAMA	12 D25	12 D25	12 D25			12 D25
	SENGKANG	1,5D13 - 100	D13 - 150	P12 - 100	P12 - 150		
	DIMENSI	400 X 400 mm		400 X 400 mm			

Mutu beton f'_c = 25 MPa
 Mutu besi ulir (D) f_y = 400 MPa
 Mutu besi polos (P) f_y = 240 MPa

DETAIL PENULANGAN
 KOLOM
 1:25

TUGAS AKHIR
 UNDERGRADUATE THESIS
 Perencanaan Gedung dengan
 Landasan Helikopter pada
 Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
 Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
 STUDENT'S NAME

 CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
 STUDENT'S NUMBER

 15511108

PROGRAM STUDI
 DEPARTMENT

 TEKNIK SIPIL

GAMBAR
 DRAWINGS

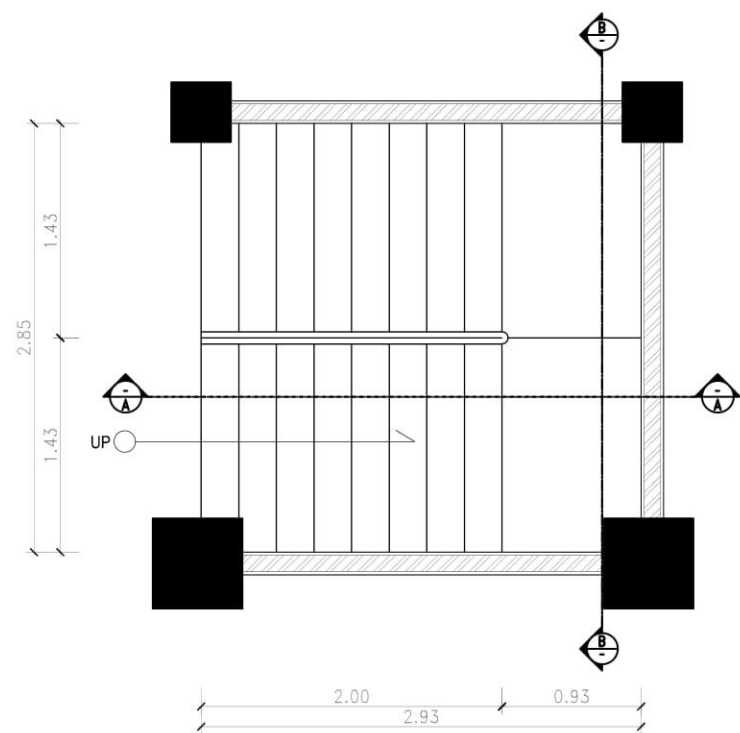
DETAIL

SKALA
 SCALE

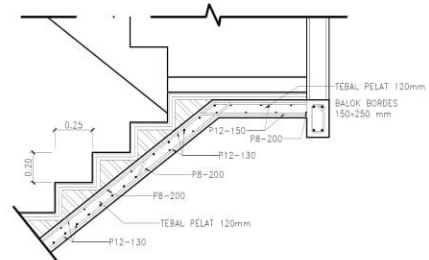
 1:25

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER DTL-003
PERENCANA DESIGNER	15511108	
TANGGAL DATE	-	
DIPERIKSA CHECKED	-	
DISETUJUI APPROVED		REVISI REVISION
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN
FILE	-	PLOTTING DATE



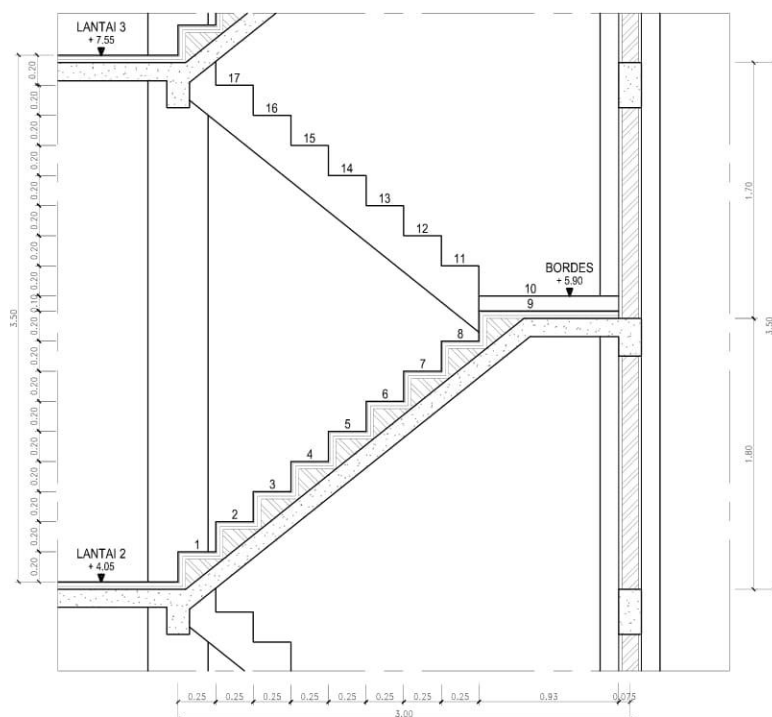


DENAH
TANGGA LANTAI 2-3
1:50

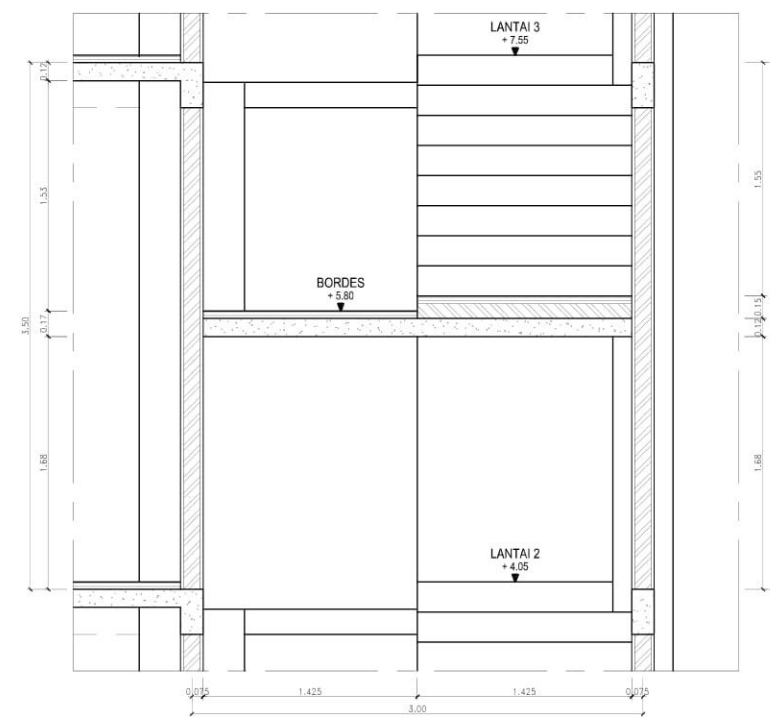


TANGGA
DETAIL PENULANGAN
1:50

BALOK BORDES (150 x 250)		
TAMP. ATAS (POT.1)	LATIHAN (POT.2)	TAMP. BAWAH (POT.3)
2 D13	2 D13	2 D13
2 D13	2 D13	2 D13
P10 - 100	P10 - 100	P10 - 100



TANGGA
POTONGAN A - A
1:50



TANGGA
POTONGAN B - B
1:50

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAYBE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEJMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDIK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS

DETAIL

SKALA
SCALE

1:50

DIGAMBAR
DRAWN
PERENCANA
DESIGNER
TANGGAL
DATE
DIPERIKSA
CHECKED
DISETUJUI
APPROVED
NAMA
NAME
Ir. SUHARYATMA, M.T.
FILE

NOMOR
NUMBER
DTL-006

REVISI
REVISION

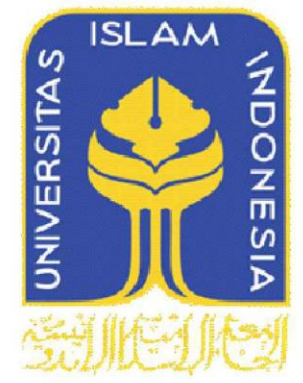
--	--	--	--	--

TTD
SIGN

PLOTING DATE

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KECUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAY BE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMEUREMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDIK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

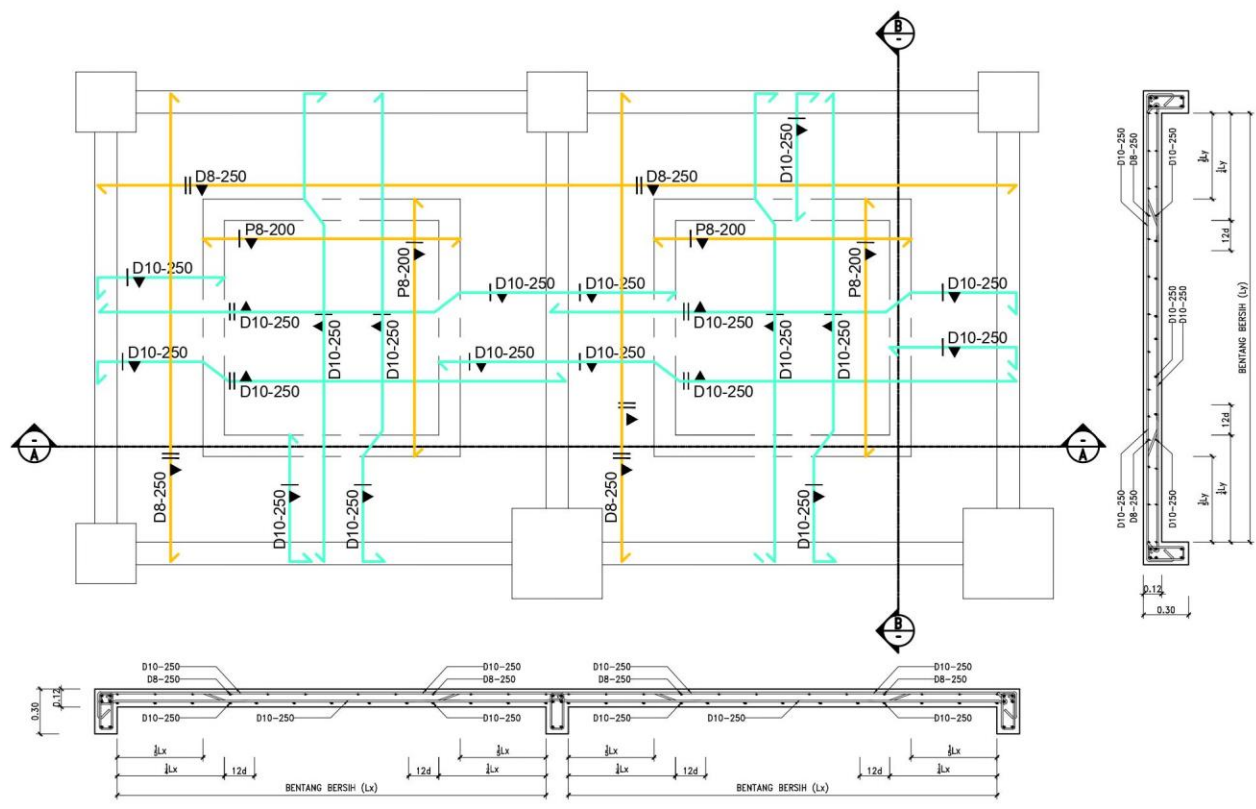
GAMBAR
DRAWINGS

DETAIL

SKALA
SCALE

1:50

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER DTL-008
PERENCANA DESIGNER	15511108	
TANGGAL DATE	-	
DIPERIKSA CHECKED	-	REVISI REVISION
DISETUJUI APPROVED	-	
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN
FILE	-	PLOTTING DATE



POTONGAN A-A

POTONGAN B-B

PENULANGAN
PELAT ATAP 3 X 3 m
1:50

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KEUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAY BE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN
----	-----------------	------------------------	---------------

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
**Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta**

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDIK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS

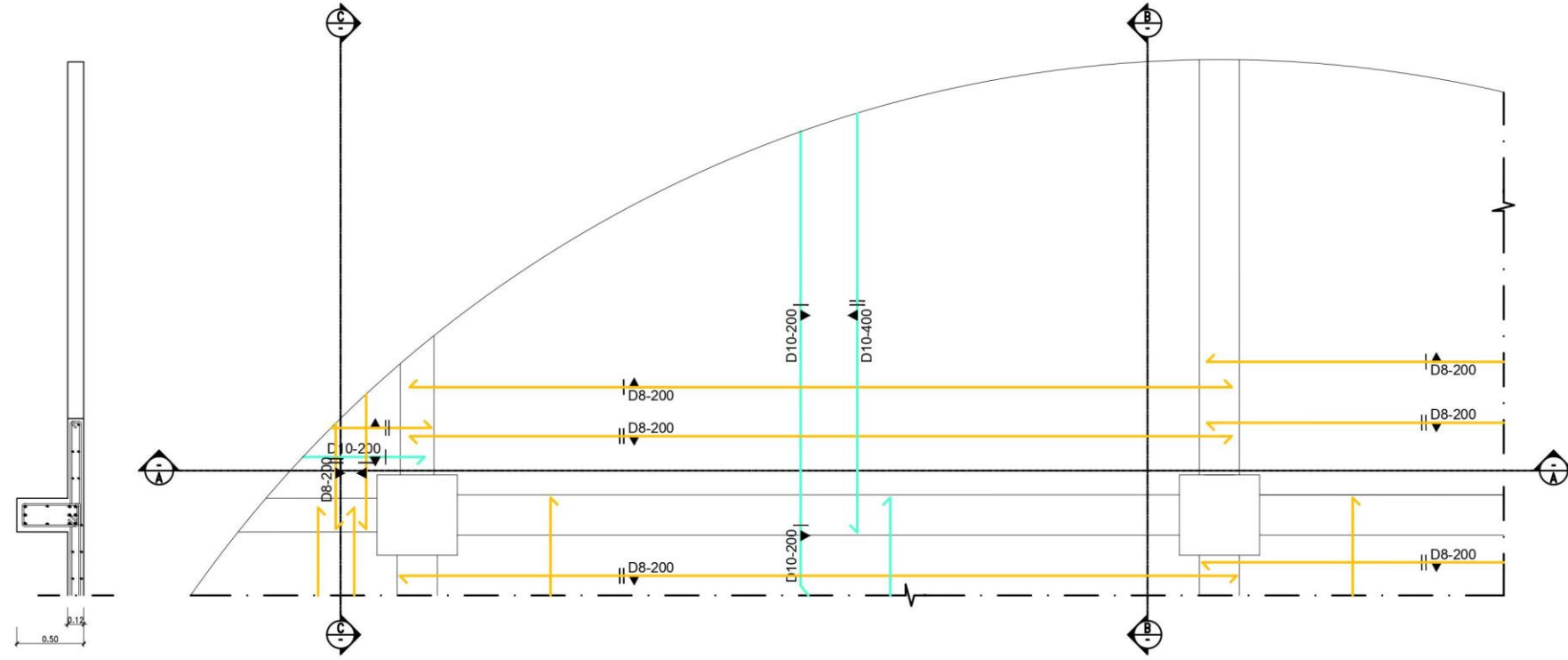
DETAIL

SKALA
SCALE

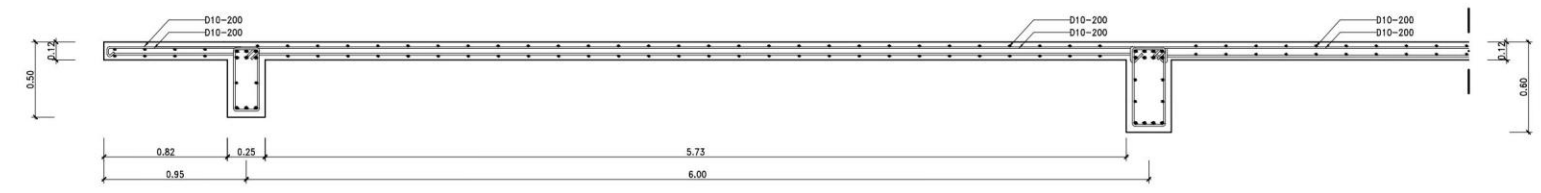
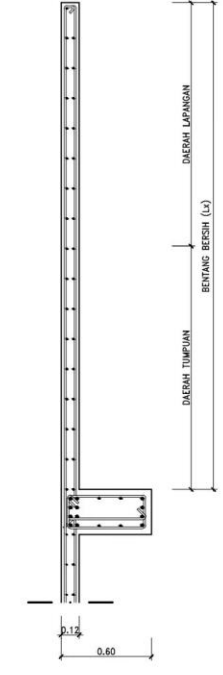
1:50

DIGAMBAR DRAWN	15511108	NOMOR NUMBER	DTL-009	
PERENCANA DESIGNER	15511108	TANGGAL DATE		-
DIPERIKSA CHECKED	-	DIPERIKSA CHECKED		-
DISETUJUI APPROVED	-	REVISI REVISION		
NAMA NAME	Ir. SUHARYATMA, M.T.	TTD SIGN		
FILE	-	PLOTTING DATE	-	

POTONGAN C-C

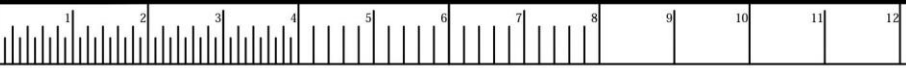


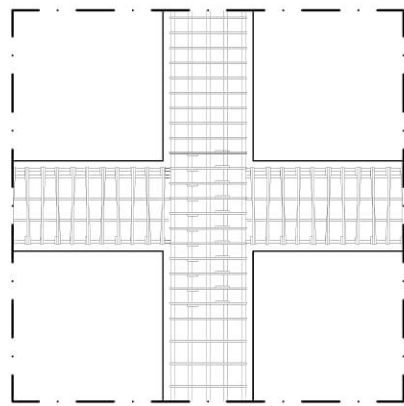
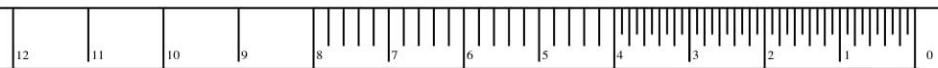
POTONGAN B-B



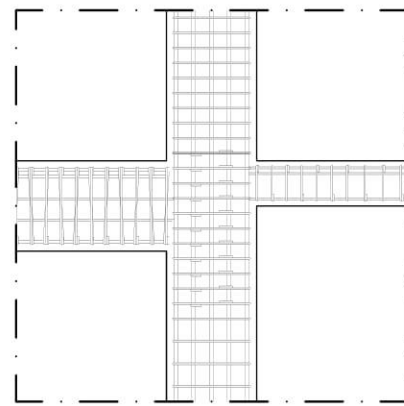
POTONGAN A-A

PENULANGAN
PELAT KANTILEVER
1:50

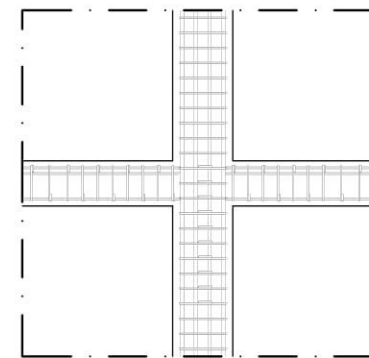




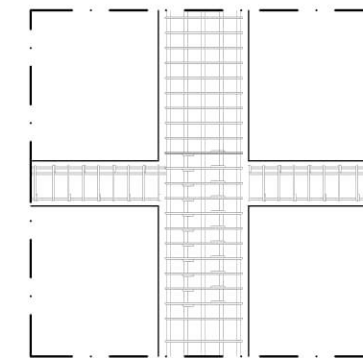
3D12-100



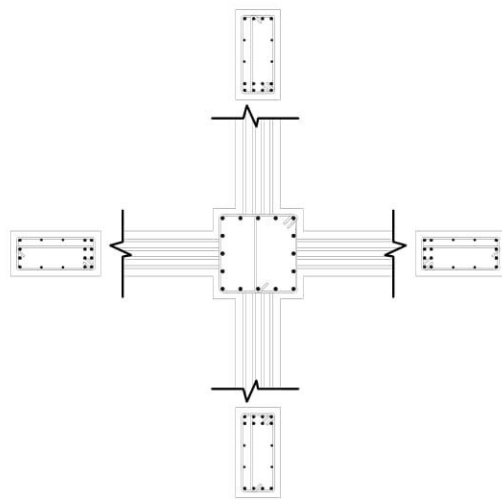
3D12-100



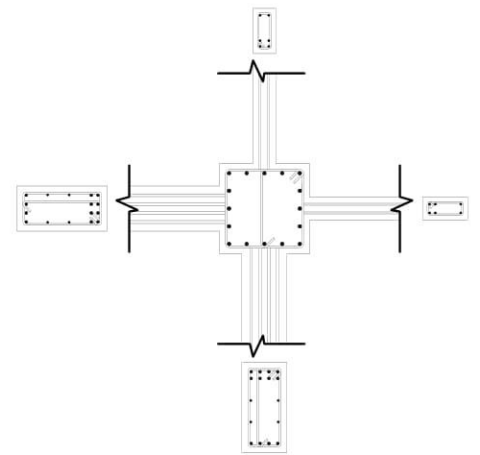
3D12-100



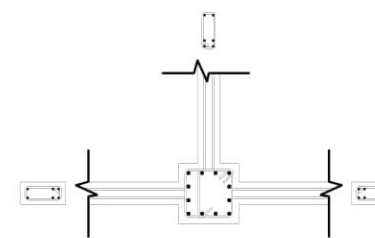
3D12-100



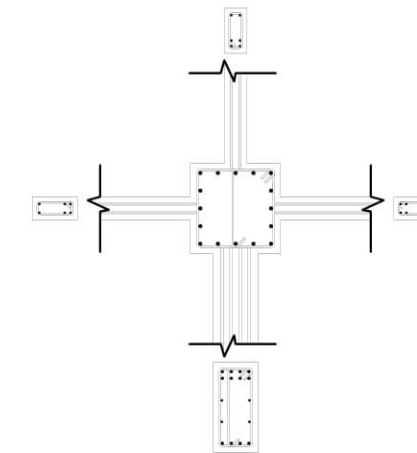
DETAIL
HUB. BALOK-KOLOM 1
1:50



DETAIL
HUB. BALOK-KOLOM 2
1:50



DETAIL
HUB. BALOK-KOLOM 3
1:50



DETAIL
HUB. BALOK-KOLOM 4
1:50

HAK CIPTA
DILARANG MENIRU ATAU MEREPRODUKSI GAMBAR INI DALAM
BENTUK APAPUN KECUALI DENGAN PERSETUJUAN TERTULIS
DARI PERENCANA.

COPYRIGHT
NO PART OF THIS DOCUMENT MAY BE REPRODUCED, TRANSMITTED
OR RECORDED IN ANY FORM OR OTHERWISE WITHOUT THE PRIOR
WRITTEN PERMISSION OF PLANNERS.



NO	TANGGAL DATE	PERUBAHAN AMENDMENT	PARAF SIGN

TUGAS AKHIR
UNDERGRADUATE THESIS
Perencanaan Gedung dengan
Landasan Helikopter pada
Wilayah Kantor Kepolisian Daerah
Provinsi D.I.Yogyakarta

NAMA MAHASISWA
STUDENT'S NAME

CHANDRA KUMARA YUDHATAMA

NOMOR INDUK MAHASISWA
STUDENT'S NUMBER

15511108

PROGRAM STUDI
DEPARTMENT

TEKNIK SIPIL

GAMBAR
DRAWINGS

DETAIL

SKALA
SCALE

1:50

DIGAMBAR
DRAWN

15511108

NOMOR
NUMBER

PERENCANA
DESIGNER

15511108

DTL-010

TANGGAL
DATE

DIPERIKSA
CHECKED

DISETUJUI
APPROVED

NAMA
NAME

Ir. SUHARYATMA, M.T.

REVISI
REVISION

TTD
SIGN

FILE

PLOTTING DATE

